Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

J. Scheiner

Der Bau des Weltalls

Zweite Auflage

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Ein vollständiges Verzeichnis der Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt" befindet sich am Schluß dieses Bandes.

N 800 : 207.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig, Poststraße 3

Künstlerischer Wandschmuck

für Haus und Schule. Farbige Künstlersteinzeichnungen

Gerade Werke echter Heimatkunst, die einfache Motive ausgestalten, bieten nicht nur dem Erwachsenen Wertvolles, sondern sind auch dem Kinde verständlich. Sie eignen sich deshalb besonders für das deutsche Haus und können seinen schönsten Schmuck bilden. Der Versuch hat gezeigt, daß sie sich in vornehm ausgestatteten Räumen ebensogut zu behaupten vermögen, wie sie das einfachste Wohnzimmer schmücken.
Auch in der Schule finden die Bilder immer mehr Eingang. Maßgebende Pädagogen haben den hohen Wert der Bilder anerkannt, mehrere Regierungen haben das Unternehmen durch Ankauf und Empfehlung unterstützt.

Schwarzwaldtanne. Von Walter Conz.
Größe 100×70 cm. Preis 6 Mark. Ohne Glas gerahmt 14 Mark. Mit Glas gerahmt 19 Mark. Passende Rahmenfarbe dunkelrot.

„Es läßt sich kaum noch etwas zum Ruhme dieser wirklich künstlerischen Steinzeichnungen sagen, die nun schon in den weitesten Kreisen des Volkes allen Beifall gefunden und — was ausschlaggebend ist — von den anspruchsvollsten Kunstfreunden ebenso begehrt werden wie von jenen, denen es längst ein vergeblicher Wunsch war, das Heim wenigstens mit einem farbigen Original zu schmücken. Was sehr selten vorkommt: hier begegnet sich wirklich einmal des Volkes Lust am Beschauen und des Kenners Freude an der künstlerischen Wiedergabe der Außenwelt." (Kunst für Alle XII.)

„... Alt und jung war begeistert, geradezu glücklich über die Kraft malerischer Wirkungen, die hier für verhältnismäßig billigen Preis dargeboten wird. Endlich einmal etwas, was dem öden Oldruckbilde mit Erfolg gegenübertreten kann."
(Pfarrer Naumann in der „Hilfe".)

Katalog mit ca. 130 farbigen Abbildungen unentgeltlich und postfrei vom Verlag.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig.

Künstlerischer Wandschmuck

für Haus und Schule. Farbige Künstlersteinzeichnungen

Größere Blätter: Bildgröße 100×70 cm und 75×55 cm ℳ 5.— und ℳ 6.—

Erschienen sind ca. 75 Blätter, darunter:

Bauher, Abend.
Bergmann, Seerosen.
Biese, Hünengrab — Im Stahlwerk b. Krupp.
Conz, Schwarzwaldtanne.
Dettmann, Vulkanwerft bei Stettin.
Du Bois-Reymond, Att. Landsch. (Akropolis).
Eichrodt, Droben stehet die Kapelle.
Fikentscher, Krähen im Schnee.
Genzmer, Volkslied.
Georgi, Ernte — Pflügender Bauer.
Hecker, Am Meeresstrand.
Hein, Im Wasgenwald — Am Webstuhl.
Hoch, Fischerboote — Gletscher — Kiefern.
Kampmann, Mondaufgang.
Kampmann, Abendrot — Herbstabend.
Kanoldt, Eichen.
Leiber, Sonntagsstille.
Liner, Abendfrieden.
Matthaei, Nordseewall.
Munscheid, Winternacht.
Orlik, Rübezahl — Hänsel und Gretel.
Otto, Christus u. Nikodem, Maria u. Martha.
Paczka, Reigen.
Roman, Paestum — Röm. Campagna.
Schacht, Einsame Weide.
Schinnerer, Waldwiese — Winterabend.
Schramm-Zittau, Schwäne.
Strich-Chapell, Lied Heimatland ade — Herbst im Land — Dorf in Dünen — Frühlingsgabe — Mondnacht.
Süs, Sankt Georg.
Voigt, Kirchgang.
v. Volkmann, Wogendes Kornfeld.
Wieland, Matterhorn — Letztes Leuchten.

Kleinere Blätter:

Bildgröße 41×30 cm. Erschienen sind ca. 30 Blätter, je ℳ 2.50, darunter:

Beckert, Sächsische Dorfstraße.
Bendrat, Aus alter Zeit — St. Marien in Danzig — Jakobskirche in Thorn — Ordensburg Marienwerder — Die Marienburg — Ruine Rheden.
Biese, Christmarkt — Einsamer Hof.
Daur, Beschneite Höhen — Kapelle.
Fikentscher, Maimorgen.
Hein, Das Tal.
Hildenbrand, Was der Mond erzählt.
Kampmann, Herbststürme — Feierabend.
Lunz, Altes Städtchen.
Ortlieb, Herbstluft.
Petzet, Am Stadttor.
Strich-Chapell, Blühende Kastanien.
Strich-Chapell, Heuernte.
v. Volkmann, Frühling auf der Weide.
Zeising, Dresden — Herbst in der Eifel.
Leinwandmappe m. 10 Bl. n. Wahl ℳ 28.—
Kartonmappe m. 5 Blätt. n. Wahl ℳ 12.—

Bunte Blätter:

Kleinste Künstlersteinzeichnungen.

Blattgröße 33×23 cm.

Erschienen sind ca. 20 Blätter, je ℳ 1.—, darunter:

Biese, Verschneit.
Daur, Am Meer.
Fikentscher, Am Waldesrand.
Glück, Morgensonne im Hochgebirge.
Hildenbrand, Stilles Gäßchen.
Kampmann, Baumblüte — Bergdorf.
Knapp, Unter dem Apfelbaum.
Matthaei, In den Marschen.
Schroedter, Bergschlößchen.

In Furnierrahmen . . . . ℳ 1.80
In massivem Rahmen . . . . . . ℳ 3.—
Leinwandmappe mit 10 Blättern nach Wahl . . . . ℳ 12.—
Kartonmappe mit 5 Blättern nach Wahl . . . . ℳ 5.—

Wand-Friese:

Bildgröße 105×44 cm je ℳ 4.—

Rehm-Victor, Wer will unter die Soldaten — Wir wollen die goldene Brücke bauen — Schlaraffenland — Schlaraffenleben — Englein z. Wacht — Englein z. Hut.
Lang, Um die Wurst — Heiteres Spiel.
Herrmann, Im Moor — Aschenbrödel — Rotkäppchen.
Rahmen v. ℳ 2.— bis ℳ 17.— laut Katalog.

Porträts: Größe 60×50 cm ℳ 3.—

Bauer, Goethe — Schiller — Luther.
Kampf, Kaiser Wilhelm II.
Bauer, Kleines Schillerbild. Größe 19×29 cm. Preis 1 ℳ, in Furnierrahmen 2 ℳ, in massivem Rahmen 3 ℳ

Rahmen: Zu d. größ. Blättern ℳ 3.50 bis ℳ 17.— zu d. kleineren ℳ 2.— bis 4.—

astron

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung

wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens

24. Bändchen

Der Bau des Weltalls

Von

Prof. Dr. J. Scheiner

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Zweite Auflage

Mit 24 Figuren im Text und auf einer Tafel

87547
10|6|08

Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1904

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten

Vorwort zur ersten Auflage.

Das vorliegende Werkchen ist eine Ausarbeitung einer Reihe von sechs Vorträgen, welche ich im Februar und März dieses Jahres in Berlin auf Veranlassung des Vereins für volkstümliche Kurse von Berliner Hochschullehrern gehalten habe.

Wenn ich der Aufforderung der Verlagsbuchhandlung zur Veröffentlichung dieses Vortragszyklus entsprochen habe, so ist dies keineswegs in der Absicht geschehen, zu den vielen in Deutschland bereits vorhandenen populären Astronomien eine neue hinzuzufügen. Vielmehr habe ich mich strenge an das gegebene Thema gehalten ohne Rücksicht auf die dadurch bedingte Unvollständigkeit in der Darstellung einzelner Gebiete, wie das ja auch den Tendenzen der Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt" entspricht. Hoffentlich wird das Werkchen für manchen die Anregung geben, sich mit Hilfe einer der bekannteren populären Astronomien mit der allgemeinen Himmelskunde vertrauter zu machen.

Während diese Ausarbeitung naturgemäß manches präziser und ausführlicher geben wird, als die zeitlich beschränkten Vorträge selbst, boten letztere dafür den Vorzug, dem Hörer durch ausgiebige Anwendung der Projektion von Himmelsphotographien ein getreues Bild der verschiedenen Himmelsobjekte zu verschaffen, was bei der Reproduktion im Buchdruck nur in sehr bescheidenem Maße zu ermöglichen ist.

Potsdam, im April 1900. **Der Verfasser.**

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die freundliche Aufnahme, welche „der Bau des Weltalls" gefunden hat, läßt es mir als wünschenswert erscheinen, bei der neuen Auflage in der Behandlung des Gegenstandes keine Änderungen eintreten zu lassen. Ich habe mich damit begnügt, einige Fehler, welche in der ersten Auflage zutage getreten waren, zu korrigieren, sowie die inzwischen gewonnenen neuen Ergebnisse tunlichst zu berücksichtigen.

Ich hoffe, daß auch die neue Auflage dazu beitragen wird, Sinn und Verständnis für die Astronomie in weiteren Kreisen zu erwecken.

Potsdam, im Februar 1904. **Der Verfasser.**

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1

I. Kapitel. Die Stellung der Erde im Weltall 2

II. Kapitel. Der gestirnte Himmel 19

III. Kapitel. Die Spektralanalyse 38

IV. Kapitel. Die Sonne 63

V. Kapitel. Die Fixsterne und die Nebelflecken 89

VI. Kapitel. Der äußere Bau des Weltalls 112

Anhang 130

1. Unser Planetensystem 130

2. Scheinbare Bewegungen der Fixsterne 133

3. Wirkliche Bewegungen der Fixsterne 134

4. Veränderliche Sterne 138

5. Spektralanalyse 140

Einleitung.

Wenn ich im folgenden den Versuch unternehme, ein allgemein verständliches Bild von dem inneren und äußeren Bau des Weltalls zu entwerfen, so bin ich mir der Schwierigkeit dieser Aufgabe wohl bewußt. Handelt es sich doch teilweise um die Darstellung von Dingen, über deren Wesen noch keineswegs eine einheitliche Ansicht vorhanden ist, sondern wo noch die Wahl zwischen den verschiedensten Hypothesen frei steht. Ja, wer darf sich erkühnen, das Unendliche erfassen zu wollen, und das Weltall ist doch das Unendliche in Raum und Zeit? So sei es denn gleich im voraus gesagt, daß wir an diese Aufgabe nicht entfernt herantreten wollen, sondern daß wir uns bescheiden beschränken müssen auf den kleinen Teil des Alls, der unserem bewaffneten Auge noch direkt wahrnehmbar ist. Aber auch dieses Teilchen ist für unsere Sinne und für unseren Verstand noch so gewaltig, daß es dem Laien an jeglicher Anschauung hierüber fehlt. Ohne diese Anschauung ist aber ein Verständnis nicht möglich, und so muß es unsere Aufgabe sein, zunächst vorsichtig, Schritt für Schritt, vom Naheliegenden und Greifbaren zum Unermeßlichen vorzudringen; denn niemand kann sich ein Bild über Vorgänge im Weltall machen, wenn ihm das Verständnis für sein Verhältnis zur Erde und wiederum deren Verhältnis zu den übrigen Himmelskörpern fehlt.

I. Kapitel.

Die Stellung der Erde im Weltall.

In jedem Menschen steckt ein eigentümlicher Gegensatz: Neben der Liebe und Anhänglichkeit zur engeren Heimat lebt der Drang nach außen, der Wunsch, andere Gegenden und Menschen kennen zu lernen, bei dem einen mehr, bei dem anderen weniger. Den einen faßt dieser Drang so stark, daß er seine Familie und geordnete Verhältnisse verläßt, um in der Ferne nach unbekannten Zielen zu streben, der andere vermag ihn so zu unterdrücken, daß er jahrelang kaum aus seiner Schreibstube herauskommt. Es sind meist die äußeren Lebensverhältnisse, welche in dieser Beziehung das mehr oder weniger bestimmen, und während in gewissen Gesellschaftsklassen es zum guten Ton gehört, mindestens einmal die Erde umfahren zu haben, müssen die meisten sich damit begnügen, nur an Sonn- und Feiertagen aus der engen Stadt in die nächste Umgebung zu eilen. Und wenn vielleicht auch die Verpflegung dort schlechter und teurer ist als zu Hause, das nimmt jeder gern mit in den Kauf, wenn er nur seinen Drang nach außen befriedigen kann.

Nur die wenigsten Menschen können wirklich reisen und aus eigener Anschauung größere Teile unseres Wohnsitzes, der Erdoberfläche, kennen lernen. Da muß die fremde Anschauung aushelfen, und einem einigermaßen phantasiebegabten Gemüte fällt es nicht schwer, sich mit Emin Pascha in das innerste Afrika oder mit Nansen in die eisstarrenden Einöden des Nordens zu versetzen und in gedrängter Folge alles mitzuerleben. Und wo die Phantasie nicht ausreicht, da tritt in neuerer Zeit die Photographie als mächtiges Hilfsmittel hinzu und bringt nicht bloß fremde Gegenden und Menschen zur exakten Anschauung, sondern läßt unter Umständen sich wichtige und interessante Bewegungsvorgänge in aller Treue abspielen. Karten

und Situationspläne helfen mit, und es ist heute jedem einzelnen möglich, unsere Erdoberfläche auf das genaueste kennen zu lernen.

Die Sehnsucht nach der Ferne begnügt sich aber nicht immer mit dem Verweilen auf der Erdoberfläche. Mancher möchte sehen, wie es im Innern der Erde aussieht, und wer hat nicht schon einmal Stunden erlebt, in denen er auf einen blinkenden Stern hätte enteilen mögen, um von dort mit Verachtung auf das kleinliche Getriebe der Menschen herabzuschauen. Derartige Wünsche sind aber nur im allerbescheidensten Maße zu erfüllen. Tiefer als einige Tausend Meter ist noch nie ein Mensch in das Innere der Erde eingedrungen, und das ist nur ein verschwindender Teil der Entfernung von der Oberfläche bis zum Mittelpunkt, und diejenigen, die ihre Tätigkeit dort hinführt, sind eher zu bemitleiden als zu beneiden. Nicht viel besser sieht es mit dem Erheben über die Oberfläche aus. Die äußerste bei Ballonfahrten erreichte Höhe beträgt etwa 9 km, und die in solchen Höhen durch die Luftverdünnung hervorgebrachten Beschwerden sind so heftig, daß auch hier von einem Genusse keine Rede mehr sein kann. Diese 9 km aber sind geradezu ein Nichts gegenüber der Entfernung auch nur des nächsten Himmelskörpers, des Mondes.

Nur wenige Menschen gibt es, die, wenn auch nicht körperlich, so doch geistig weiter dringen können, die ihr ganzes Leben einer bestimmten Aufgabe widmen müssen, wenn sie vorschreiten wollen, sei es ins Innere der Erde, sei es nach außen zu den Sternen. Sie sind es, die geistig die Rolle des Entdeckungsreisenden spielen, dessen Berichte allein der übrigen Menschheit zur Anschauung bringen müssen, was er erforscht hat. Und wie bei diesem, so ist im übertragenen Sinne auch ihr Weg ein schwieriger und anstrengender, und nicht umsonst lautet der alte Wahrspruch der Astronomie: Per aspera ad astra: Der Pfad zu den Sternen ist ein rauher.

Ich will nun versuchen, dem Leser den Pfad zu den Sternen nach Möglichkeit zu ebnen.

Wenn man aus dem Weltraum berichten will, so bleibt nichts anderes übrig, als von Millionen und Billionen von Kilometern so zu sprechen, wie z. B. der Handwerker seine Maße in Centimetern und Millimetern angibt. Bei diesen ungeheueren Zahlen kann sich der Laie nichts denken; sie wirken daher auch

gar nicht auf ihn, meist geht er mit mitleidigem Lächeln darüber hinweg und bedauert höchstens die Astronomen, die mit den „unnützen" Zahlen ihren Kopf belasten müssen. Um solche Zahlen einigermaßen begreiflich zu machen, kann man nur schrittweise vorgehen, und muß, um Vergleichungen anstellen zu können, die Zeit rechnend hinzuziehen.

Eine Strecke, die jedermann verständlich und anschaulich ist, ist unsere Maßeinheit, der Kilometer. Auf den Chausseen läßt sich dieselbe von einem Stein zum andern bequem übersehen, und man weiß, daß man je nach seiner Rüstigkeit 10 bis 13 Minuten braucht, um 1 km zurückzulegen. Auch die Wegstunde, gleich 5 km, ist noch sehr gut zu erfassen, sie läßt sich auf einigermaßen ebenem Gelände noch vollständig übersehen. Die Anschauung von weiteren Strecken macht schon etwas mehr Schwierigkeit, doch läßt sich eine gute Tagesfußreise von 8 Stunden, gleich 40 km, nach einiger Übung immerhin noch als Wegeeinheit auffassen. Hierbei bietet sich zwar nur selten Gelegenheit, diese Strecke direkt zu übersehen, das ist meist nur möglich, wenn man auf der Ebene einem fernen Gebirge zustrebt; es ist hierbei mehr das Ermüdungsgefühl des Körpers, welches ein indirektes Maß für die durchwanderte Strecke abgibt.

Bei noch größeren Entfernungen fehlt die Anschauung gewöhnlich schon gänzlich, und zwar hauptsächlich deshalb, weil solche Strecken fast nur noch mit der Eisenbahn zurückgelegt werden. Wer soll auch eine Vorstellung z. B. von der Entfernung Berlin-Hamburg, gleich 286 km, gewinnen, wenn er bequem im D-Zuge sitzend innerhalb 4 Stunden diese Strecke durcheilen kann. Etwas besser würde dieser Weg in der Vorstellung haften bleiben, wenn man ihn zu Fuße in 7 angestrengten Marschtagen zurückzulegen hätte.

Man glaubt für gewöhnlich, aus den Atlanten eine richtige Anschauung von den Entfernungen auf unserer Erdoberfläche gewinnen zu können. Auch das ist im allgemeinen nicht richtig, da der Maßstab der Karten um so kleiner ist, je größer die darzustellende Länderpartie ist. Unwillkürlich prägen sich unrichtige Größenverhältnisse ein, wenn man Deutschland auf derselben Blattgröße dargestellt findet wie Asien, und Karten, die die halbe oder gar ganze Erdoberfläche gleichzeitig darstellen, sind infolge der Projektion auf die Papierebene derartig verzerrt, daß sie erst recht zu unrichtigen Vorstellungen führen.

Richtig lernt man die Größenverhältnisse der Länder und Meere nur auf einem größeren und gut ausgeführten Globus kennen, doch steht ein solcher nur den wenigsten Menschen zur Verfügung.

Ein sehr lehrreiches Beispiel für das Fehlerhafte der geographischen Anschauung bei den meisten Menschen ist das folgende: Man lasse jemand aus dem Gedächtnisse, also ohne ihm einen Blick auf eine Karte zu gewähren, angeben, welche Orte ungefähr eine Kreislinie treffen wird, die man von Berlin als Mittelpunkt aus mit der Distanz Berlin-Nordkap zieht. Gewöhnlich werden alsdann viel zu geringe Entfernungen angegeben, im Osten etwa die russische Grenze oder Polen, im Süden Tirol oder eventuell auch einmal Oberitalien, im Westen Paris oder höchstens England. In Wirklichkeit aber läuft dieser Kreis folgendermaßen: Im Osten trifft er noch östlich von Kasan die Wolga, läuft durch den östlichen Teil des Schwarzen Meeres und durch Kleinasien, um nach Überschreitung des Mittelmeeres im Süden bei Tunis Afrika zu erreichen. Alsdann wendet er sich durch Südspanien und Portugal zum Atlantischen Ozean und geht im Nordwesten mitten durch Island hindurch. Die Ursache der falschen Schätzung liegt wesentlich in dem Umstande begründet, daß die skandinavische Halbinsel gewöhnlich in den Atlanten in verhältnismäßig kleinem Maßstabe dargestellt wird. Von der Entfernung Berlin-Nordkap selbst, die in der Luftlinie genau 300 geographische Meilen oder 2250 km beträgt, gewinnt man eine einigermaßen verständliche Vorstellung, wenn man bedenkt, daß zu einer Fußwanderung bis dahin auf der Luftlinie 56 Marschtage erforderlich wären. Wir würden dabei noch innerhalb Europas bleiben. Wenn man jetzt liest, daß in wenigen Jahren eine Reise rund um die ganze Erde herum in etwa 30 Tagen möglich wird, so kann dies nur dazu beitragen, uns eine viel zu geringe Meinung von der Größe unserer Erde beizubringen. Direkt vorstellbar ist deren Größe überhaupt nicht mehr, auch die Angabe, daß der Erdumfang etwa 40000 km beträgt, gibt meines Erachtens kein Bild von den gewaltigen Dimensionen des von uns bewohnten Himmelskörpers. Vielleicht trägt auch hier die Verrechnung mit der Zeit zu besserem Verständnisse noch bei: Es würden rund 1000 Tage oder $2^3/_4$ Jahre für einen Fußmarsch um die Erde herum erforderlich sein, wenn ein solcher überhaupt möglich wäre. Vergleichen wir hiermit beispielsweise die größten Marschleistungen, welche von einigen Truppen-

körpern während des französischen Kriegs notwendig ausgeführt werden mußten, so dämmert uns doch vielleicht eine Ahnung davon auf, daß unsere Erde eine ganz enorme Anhäufung von Materie im Weltall bedeutet.

Auf einem anderen, allerdings schon vielfach betretenen Wege läßt sich wohl noch besser das Verständnis für große Dimensionen unterstützen. Zu dem Zwecke wollen wir uns die Erde als eine kleine Kugel von 37 cm Durchmesser vorstellen — weshalb hier gerade diese Dimension gewählt ist, wird weiterhin klar werden —. Auf dieser Kugel würden die höchsten Berge der Erde Erhebungen von etwa $^1/_4$ mm Höhe, also von Sandkorngröße, und die Ozeane sich in ihrer mittleren Tiefe von Schreibpapierdicke darstellen. Und wenn wir uns hochmütige Menschen selbst einmal in diesem Maßstabe betrachten wollen, so würde uns dies mit dem besten Mikroskope wohl schwerlich gelingen, unsere Länge würde etwa $^1/_{20\,000}$ mm sein, d. h. ein Cholerabazillus wäre gegen uns ein wahres Ungeheuer.

Wie klein aber die Erde im Verhältnis zu den größeren Planeten und insbesondere im Verhältnis zur Sonne selbst ist, das lehrt am anschaulichsten die nebenstehende Fig. 1.

Gerade dieser Moment, in dem wir zur Anschauung unseres eigenen Nichts im Verhältnis zur Erde gekommen sind, dürfte geeignet sein, den Übergang von unserem Planeten auf das Sonnensystem zu wagen, als auf denjenigen Teil des Weltalls, der unseren Sinnen und unserem Verstande zunächst gelegen ist.

Schon im Sonnensystem ist die zahlenmäßige Angabe von Dimensionen und Entfernungen für den Laien ziemlich zwecklos. Wer kann irgend einen Begriff damit verbinden, wenn er hört, daß der der Erde nächste Himmelskörper, der Mond, doch schon 385 000 km entfernt ist, der entfernteste Körper des Sonnensystems, der Neptun, dagegen im Mittel 4467 Millionen km? Hier hilft zunächst wieder in etwa die Vergleichung der Entfernungen mit Marschtagen. Jemand, der von der Erde bis zum Monde marschieren könnte, würde als gereifter Mann ankommen, wenn er als Jüngling die Erde verlassen hätte, denn er brauchte ohne Einschiebung von Ruhetagen 26 bis 27 Jahre. Auf andere Entfernungen im Sonnensystem hat aber die Anwendung dieser Vergleichsmethode schon keinen Zweck mehr, denn alsdann wächst die Zahl der Jahre bereits ins Unverständliche; derselbe Wanderer würde von hier bis zur Venus, der zweitnächsten

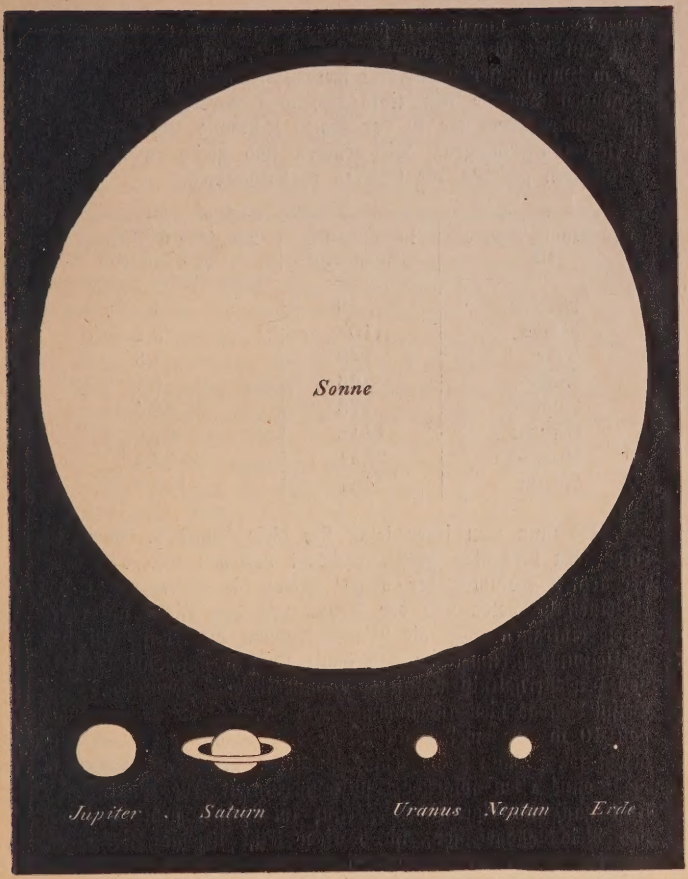


Fig. 1.

Entfernung, die für unsere Erde in Frage kommen kann, bereits gegen 2800 Jahre brauchen!

Hier muß man wieder zu der anderen Vergleichsmethode zurückkehren und den Maßstab so verkleinern, daß man zu gut

vorstellbaren Dimensionen gelangt. Es soll daher der Sonnenball auf die Größe einer Kirchenkuppel, auf eine Kugel von 40 m Durchmesser verkleinert werden; dann entsprechen in der folgenden Tabelle den links stehenden wahren Entfernungen im Sonnensystem die in der letzten Kolumne stehenden reduzierten Entfernungen. Die ersteren sind gleich in Millionen Kilometern gegeben, die letzteren in Kilometern.

Entfernung Sonne bis	in Millionen Kilometern	reduzierte Entfernungen in Kilometern
Merkur	58	1,7
Venus	108	3,1
Erde	149	4,3
Mars	226	6,5
Jupiter	773	22,4
Saturn	1418	41,0
Uranus	2851	82,4
Neptun	4467	129,2

Es kann nun jeder leicht sich diese Kugel in die Mitte einer ihm bekannten größeren Stadt versetzen und dann aus der letzten Kolumne der obigen Tafel die Entfernungen der einzelnen Planeten von der Sonne mit dem Zirkel auf einer Karte eintragen oder die Planetenbahnen als Kreise um den Mittelpunkt herumziehen und somit ein sehr anschauliches Bild von den Verhältnissen unseres Sonnensystems gewinnen. Als Beispiel möge hier angenommen werden, daß die Sonnenkugel von 40 m Durchmesser an Stelle der Domkuppel in Berlin gesetzt sei. Dann würden die Planeten bei ihrem Laufe um die Sonne etwa folgende Punkte berühren: Die Merkurbahn liegt ganz im eigentlichen Berlin; im Westen geht sie durch das Reichstagsgebäude, im Norden trifft sie die Zionskirche und im Süden berührt sie beinahe die königliche Sternwarte. Die Venus verläßt schon stellenweise das eigentliche Berlin; im Westen geht sie durch den Tiergarten in der Mitte zwischen dem großen und dem kleinen Stern, im Norden berührt sie den Humboldtshain, und im Süden passiert sie die York- und Gneisenaustraße. Die Erde berührt kaum noch Teile des eigentlichen Berlins; westlich geht sie durch den Bahnhof Tiergarten und im

Süden liegt ihre Bahn bereits ½ km südlich vom Kreuzberg. Mars wandelt ganz außerhalb Berlins durch die nächsten Vororte, z. B. Tempelhof, trifft aber noch den Zoologischen Garten, und Jupiter geht schon durch die weiteren Vororte, wie Spandau; Erkner und Wannsee liegen bereits ganz innerhalb seiner Bahn. Für Saturn und Uranus müssen schon Karten der Provinz Brandenburg benutzt werden; Liebenwalde und Nauen liegen der Saturnbahn nahe, während Wittenberg und Frankfurt a. O. von Uranus besucht werden. Der entfernteste unserer Planeten endlich, Neptun, verläßt schon stellenweise das Königreich Preußen, z. B. bleibt er nur 15 km von Leipzig entfernt; andere Städte, die auf seiner Bahn liegen, sind Stettin, Landsberg und Magdeburg.

Wie verhalten sich nun diese Entfernungen zu unserer Erde, von deren Dimensionen wir ja durch das Vorhergehende eine Anschauung gewonnen haben? In dem gleichen reduzierten Maßstabe würde die Erde durch eine Kugel von 37 cm Durchmesser dargestellt, das ist die Größe, die wir schon auf Seite 6 gewählt hatten, und um diese Kugel herum würde sich der Mond in 11 m Entfernung bewegen als Kügelchen von 10 cm Durchmesser.

Und nun können wir auch leicht eine Vorstellung von der enormen Größe der Sonne gewinnen, die scheinbar nicht größer ist als der Mond. Setzen wir die 37 cm starke Erde mitsamt ihrem Monde in die 40 m im Durchmesser haltende Sonne, so würde die Sonnenoberfläche noch doppelt so weit von der Erde entfernt sein als letzterer. Soll man mehr über die gewaltige Größe der Sonne staunen oder über die gewaltige Entfernung derselben von uns, die es bedingt, daß sie uns nicht größer erscheint als der kleine Mond von nur 3480 km Durchmesser?

Wir wollen hier vorläufig mit diesen Betrachtungen abbrechen. An der Hand der gegebenen Zahlen und Vergleiche wird sich gewiß nunmehr der Leser bei wiederholtem Durchdenken eine ganz klare Vorstellung von den räumlichen Verhältnissen in unserem Sonnensysteme verschaffen können. Auch auf die vielfach in populären Schriften gegebenen Beispiele zur Anschaulichmachung der Dimensionen möge nicht weiter eingegangen werden. Jeder ist mit Hilfe dieser Zahlen leicht in der Lage, sich selbst auszurechnen, wie lange eine Kanonenkugel von hier bis zur Sonne braucht, oder wieviel Zentner ein Zwirnsfaden wiegt, der die Erde mit der Sonne verbindet.

Die räumlichen Dimensionen allein geben keine genügende Klarheit über die Verhältnisse im Sonnensystem, sondern hierzu ist noch eine Veranschaulichung der Menge von Materie, welche im Sonnensysteme vorhanden ist, erforderlich, sowie insbesondere ein Begriff von dem Verhältnis dieser Massen zum ganzen zur Verfügung stehenden Raume. In ersterer Beziehung liegt die Auffassungsschwierigkeit an der enormen Menge der Materie, im zweiten Falle gerade umgekehrt an ihrer Geringfügigkeit. Gleichzeitig bietet eine derartige Betrachtung die Gelegenheit, noch über andere wichtige Punkte Aufschluß zu geben.

Bekanntlich stellt die Sonne den Zentralkörper unseres Systems dar, um den herum die Planeten in nahe kreisförmigen Bahnen sich bewegen. Dabei sind diese Bahnen verhältnismäßig nur wenig gegeneinander geneigt, so daß wir uns das ganze System als ein recht flaches vorstellen können, etwa einer Scheibe vergleichbar. Den Raum zwischen den Planeten betrachtet man im chemischen und physikalischen Sinne als leer; die Sonne, die Planeten und Monde sind als isolierte Massenanhäufungen aufzufassen. Absolut leer ist dieser Raum, wie überhaupt das Weltall, nicht, man stellt sich vor, daß derselbe mit einem Stoffe, dem sogenannten Äther, erfüllt ist, der gegenüber der Materie auch selbst in deren verdünntesten Formen als unvorstellbar dünn aufzufassen ist und mit der übrigen Materie wohl in gewissem Zusammenhange steht, nicht aber in einem solchen, der sinnlich zu erfassen wäre. Man ist zu der Annahme dieses Äthers gezwungen worden, weil es sonst ganz unverständlich wäre, wie Kraftäußerungen der Materie, z. B. Licht und Anziehung, von einem Himmelskörper zum anderen übergehen könnten. Dieser Äther hat also mit der eigentlichen Materie für unsere Betrachtungen hier nichts zu tun, er ist ein gegebenes Etwas, welches die Physiker vorläufig noch nicht haben ergründen können, und dessen Existenz für uns genau so rätselhaft bleibt, wie die der Materie und der Kräfte. — Es sei bei dieser Gelegenheit ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß Gedanken über das Wesen der Materie oder der Kräfte oder über die Herkunft derselben oder über den Anfang aller Dinge durchaus nicht in das Gebiet der exakten Forschung hineingehören. Die Beantwortung derartiger Fragen ist den Menschen, wie so vieles andere, für immer verschlossen,

und alles Nachdenken und Philosophieren darüber führt niemals zum Ziele. Es ist Sache jedes einzelnen, sich mit allen diesen sogenannten transzendenten Dingen abzufinden, so gut wie es geht. Der eine nimmt sie hin als gegeben und fragt nicht weiter nach woher und wohin, dem anderen erscheint es besser und edler, noch einen Schritt weiter zu gehen und sie als geschaffen von einem über allen Dingen stehenden Wesen anzunehmen, wobei dann erst dieses Wesen das uns unerfaßliche bleibt. Die Vertreter der exakten Wissenschaften sind vielleicht bescheidener als die eigentlichen Philosophen, die zum Teil noch immer glauben, durch Nachdenken den Grund der Dinge erfassen zu können; wir wollen uns hier den ersteren anschließen und die Grenzen des durch unsere Sinne gefundenen und dann erst durch Denken erweiterten Gebietes nicht verlassen. —

Die Planeten beschreiben nahe kreisförmige Bahnen um die Sonne, entsprechend einem an einem Faden befestigten Stein, der um die Hand herumgeschleudert wird. Bei diesem ist es die Festigkeit des Fadens, welche den Stein in seine Bahn zwingt, und ihn verhindert, geradlinig wegzufliegen, bei jenen ist es die allgemeine Anziehungs- oder Schwerkraft. Reißt der Faden, so fliegt der Stein in der Richtung fort, die er gerade im Momente des Zerreißens hatte, würde plötzlich die Anziehungskraft der Sonne aufhören, so würden sofort die Planeten in allen möglichen Richtungen der Sonne auf Nimmerwiedersehen enteilen. Das wird aber niemals eintreten, denn die Anziehungskraft ist die allgemeinste Kraft, welche wir kennen, sie ist der Materie unzertrennlich beigegeben und dabei unabhängig von den übrigen physikalischen und chemischen Eigenschaften derselben. Sie regiert in unserem Sonnensysteme unbeschränkt und hält den Menschen auf der Erdoberfläche genau so fest, wie den Mond in seiner Bahn. Die Stärke dieser Kraft ist allein abhängig von der Menge von Materie und von der Entfernung, in welcher sich die zu betrachtenden Teile der Materie voneinander befinden. Statt der Menge von Materie hat man den Begriff der Masse eingeführt, und definiert die Masse nur nach der Anziehung. Wenn man z. B. auf der Wage 1 kg Fleisch abwägt, so besagt dies, daß das Stück Fleisch genau so viel Masse enthält, wie das eiserne Gewichtsstück von 1 kg, da es von

der Erde genau so stark angezogen wird, wie letzteres. Daß das Stück Fleisch viel größer ist als das Gewichtsstück, tut nichts zur Sache, das Fleisch ist eben „leichter", oder wie man sich exakter ausdrücken sollte, „spezifisch leichter" als das Eisen. Auf dieser Definition beruht ja auch unser ganzes Gewichtssystem: 1 ccm Wasser wird von der Erde mit einer Kraft angezogen, welche man 1 g genannt hat.

Sind die zu betrachtenden Massen alle gleich weit von der anziehenden entfernt, wie auf unserer Erdoberfläche, so ist das Wägen, wie jedermann weiß, eine sehr einfache Sache, befinden sie sich aber in verschiedenen Entfernungen, so wird die Aufgabe etwas schwieriger. Hier muß die andere Eigenschaft der Anziehungskraft hinzugezogen werden, welche ihre Abhängigkeit von der Entfernung regelt und besagt, daß die Anziehungskraft bei sonst gleichen Massen viermal so gering ist, wenn die Massen zweimal so weit voneinander entfernt sind, oder neunmal so wenig, wenn die Entfernung die dreifache wird, usw. Mit Hilfe dieses Gesetzes kann man aus der anziehenden Kraft die Himmelskörper wägen und damit ihre Masse in Kilogrammen ausdrücken. Es mögen zunächst die Resultate einiger derartiger Wägungen mitgeteilt werden, und zwar soll auch hierbei nur schrittweise vorgegangen werden; aber wir werden bald zu so enormen Zahlen kommen, daß jede Vorstellung schwindet, und es gibt hierbei leider keinen anderen Weg, das Begriffsvermögen zu unterstützen. Als Einheit soll das Kilogramm eingeführt werden, d. h. die Definition, daß ein Liter Wasser 1 kg wiegt. In diesem Falle sind beide Einheiten, sowohl die Raumeinheit, das Liter, als auch die Gewichtseinheit, das Kilogramm, vollständig bekannte und vorstellbare Größen. Wenn wir hiervon auf das Tausendfache übergehen, so ist den meisten Menschen auch noch hierfür Verständnis gegeben: 1 cbm Wasser wiegt 1000 kg. Ebenfalls anschaulich verhalten sich noch Maße wie diejenigen der großen Reservoire der Wasserleitungen. Bei 50 m Durchmesser und 10 m Höhe enthält ein derartiges Reservoir bereits 20000 cbm; bei vollständiger Füllung beträgt das Wassergewicht 20 Mill. kg. Einen Kubikkilometer, also einen Würfel, dessen Kanten 1 km lang sind, kann man sich noch ganz gut vorstellen, daß aber 1 cbkm Wasser bereits 1000000000000 kg (eine Billion kg) wiegt, erweckt in uns keine bestimmte

Vorstellung mehr, wir können uns unter einer solchen Zahl nichts mehr denken. Zur Erläuterung dieser Zahl sei hier an das bekannte Beispiel des Geldzählens erinnert. Wollte ein geschickter Kassierer, der in der Sekunde fünf Geldstücke aufzählen kann, die obige Summe in einzelnen Markstücken auszahlen, so hätte er hierzu ohne jegliche Unterbrechung ungefähr 6000 Jahre nötig.

Vollkommen schwindelerregende Zahlen erhalten wir, wenn wir das Gewicht der Erde angeben wollen. Dieselbe hat einen Inhalt von 1 082 841 320 000, also von rund 1 Billion der uns bereits bekannten Kubikkilometer, 1 cbkm unserer Erde wiegt durchschnittlich 5 600 000 000 000 kg, das Gewicht der Erde beträgt also rund 56 mit 23 Nullen, oder $5\frac{1}{2}$ Quadrillionen kg.

Die Erde ist nun einer der kleinsten der Planeten, so wiegt Saturn schon 93 mal mehr als die Erde, und Jupiter ist gar 310 mal schwerer, und was will das erst bedeuten gegenüber dem Gewicht der Sonne, die 350 000 mal schwerer als die Erde ist und mithin rund 2 Quintillionen kg wiegt. Bei solchen Zahlen hört zwar jeder Begriff auf; man kann es aber an der Hand derselben allerdings nunmehr erklärlich finden, daß trotz der kolossalen Entfernung der Planeten die Sonnenmasse groß genug ist, um die ersteren in ihren Bahnen zu erhalten.

Während wir nun diesen Massenanhäufungen staunend gegenüber stehen, die Natur, die mit solchen Massen operiert, gleichsam als Verschwenderin betrachtend, wandelt sich dieses Bild in sein Gegenteil um, sobald wir die Massen des Sonnensystems mit dem Raume, in dem sie sich bewegen, vergleichen.

Soweit bis jetzt bekannt ist, und sofern wir von den flüchtigen und luftigen Kometen absehen, ist die äußerste Grenze des Sonnensystems durch die Neptunsbahn gegeben. Wenn wir uns also eine Kugel denken, um die Sonne als Zentrum, deren Oberfläche durch die Neptunsbahn geht, so enthält diese Kugel vollständig alle Teile des Sonnensystems; was darüber hinaus ist, müssen wir schon zum weiteren Weltall rechnen. Nach der allgemein angenommenen Kant-Laplaceschen Weltbildungshypothese, ist „zu Anfang" einmal diese Kugel (eigentlich noch eine wesentlich größere) ziemlich gleichförmig mit Materie erfüllt gewesen, die sich infolge der allgemeinen Anziehung allmählich nach der Mitte zu konzentriert und bei

dieser Gelegenheit auch die Planeten abgeschnürt hat. Diese Kugel enthielt also die gesamte Materie, die auch heute noch im Sonnensystem vorhanden ist, und wenn wir die Dichtigkeit dieser Materie berechnen und in Vergleich mit der Dichtigkeit von Stoffen auf unserer Erde bringen, so erhalten wir ein Bild von der Art und Weise, wie im Weltall, und zwar speziell in der durch das Sonnensystem gekennzeichneten Gegend desselben, die Materie verteilt ist.

Nun beträgt der Halbmesser der Neptunsbahn und damit auch der Halbmesser unserer supponierten Kugel 4467 Mill. km, daraus ergiebt sich der Inhalt derselben zu 373 000 Quadrillionen cbkm, und auf diesen Inhalt käme die gesamte Materie des Sonnensystems von rund 2 Quintillionen kg in gleichmäßiger Verteilung, oder auf 0,187 cbkm käme 1 kg Materie, oder noch weiter reduziert: Die allgemeine Dichtigkeit des Sonnensystems entspricht derjenigen eines luftleeren Würfels von 57 m Kantenlänge, in welchem 1 g Materie verteilt ist. Das ist ganz über alle Maßen wenig, wie man sofort erkennt, wenn man das Gewicht der Luft berechnet, welche bei normalem Barometerstande in einem solchen Würfel enthalten ist, nämlich ungefähr 230 000 kg.

Die Luft an der Erdoberfläche ist demnach über 230 000 mal so dicht als im Anfange die Materie unseres Sonnensystems war, d. h. es würde keinem Chemiker möglich sein, in einem solchen Raume überhaupt Spuren von Stoffen zu finden, und die Physiker sind stolz, wenn es ihnen gelingt, in einem Gefäße die Luft so auszupumpen, daß die resultierende Dichtigkeit nur noch ein Hunderttausendstel der ursprünglichen beträgt.

Es wird schwerlich jetzt noch jemand behaupten wollen, daß bei der Bildung des Sonnensystems die Natur verschwenderisch mit der Materie umgegangen sei, man wird ihr vielmehr die äußerste Sparsamkeit zugestehen müssen.

Ich hoffe hiermit das für unsere weiteren Betrachtungen zunächst notwendige Ziel erreicht zu haben, insofern als der Leser nunmehr in der Lage sein dürfte, sich ein Bild von den überwältigenden Verhältnissen im Sonnensystem zu machen, und einen Vergleich zu gewinnen zwischen dem eigenen Nichts gegenüber den Mitteln, mit welchen die Natur in unserem Systeme arbeitet. Damit ist aber eine feste Grundlage gegeben, von welcher aus wir den gewagten Schritt ins unendliche All tun

können, um auch dort zu messen und zu wägen, ja um nicht bloß Formen und Dimensionen zu erfassen, sondern auch chemische und physikalische Untersuchungen anzustellen.

Nach den letzten Darlegungen kann es keinem Zweifel unterliegen, daß bereits unser Sonnensystem den Namen einer erschrecklichen Einöde verdient, in der die wenigen Massenzentren zerstreut sind, wie die Oasen in der Sahara, nur noch mit dem Unterschiede, daß letztere verhältnismäßig sehr viel größer sind. Betrachten wir in einer klaren Nacht die Pracht des gestirnten Himmels, an dem einige Tausend Sterne dem unbewaffneten Auge entgegenblinken, deren Zahl im Fernrohre auf viele Millionen wächst, dann macht uns das Weltall einen belebten Eindruck, wir fühlen uns trotz der Allgewalt des Eindrucks nicht einsam. Leider aber müssen wir hier diese schöne Illusion mit rauher Hand zerstören: Die Öde des Weltalls ist eine noch viel grauenvollere als die des Sonnensystems. Die Dimensionen und Entfernungen, die wir bis jetzt kennen gelernt haben, schrumpfen fast ins Nichts zusammen gegenüber denjenigen, mit denen wir nun zu tun haben werden. Die Entfernung des nächsten Fixsterns von uns ist um mindestens das 200 000fache größer als die von der Erde zur Sonne. Was das besagen will, lehrt am besten ein Zurückgehen auf das Beispiel von den Entfernungen der Körper unseres Sonnensystems, bei welchem die Sonne einen Durchmesser von 40 m besaß. Der entfernteste Planet, Neptun, ging durch Stettin oder Magdeburg hindurch, der nächste Fixstern fände in diesem Maßstabe nicht annähernd mehr Raum auf der Erde, er würde in nahe der doppelten Mondentfernung stehen! Da reicht selbst der kleine Maßstab nicht mehr aus, um eine direkte Anschauung zu gewinnen.

Sehr wahrscheinlich ist übrigens der nächste Stern in Wirklichkeit noch doppelt so weit entfernt, und es gibt überhaupt nur sehr wenige Sterne, deren Entfernung von uns annähernd diesen Zahlen gleich käme. Durchschnittlich sind die sogenannten näheren Sterne mindestens noch zehnmal weiter von uns abgelegen, und wie weit die entferntesten, die das Fernrohr noch erkennen kann, von uns liegen, das läßt sich zunächst nicht exakt angeben; für unsere Betrachtungen genügt es, wenn wir sagen, vielleicht 100 oder 1000 mal weiter, und dann in diese Entfernungen die Grenzen des uns zugäng-

lichen Weltalls setzen. Um bei diesen Zahlen dem Verständnisse näher zu kommen, hat man eine neue Einheit eingeführt: das sogenannte Lichtjahr.

Die größten Geschwindigkeiten, die man auf mechanischem Wege erzeugen kann, sind diejenigen der Geschosse der modernen Gewehre und Kanonen. Die Anfangsgeschwindigkeit solcher Geschosse beträgt etwa 1000 m in der Sekunde, ein Schneckengang gegenüber den Geschwindigkeiten, mit welchen sich gewisse Naturkräfte, wie Licht und Elektrizität, im Raume fortpflanzen. Die Lichtgeschwindigkeit ist gerade 300 000 mal größer, denn der Lichtstrahl legt in einer Sekunde 300 000 km zurück, d. h. er braucht von hier bis zum Monde nur $1\frac{1}{4}$ Sekunde, von hier bis zur Sonne schon über 8 Minuten und bis an die Grenze des Sonnensystems, bis zum Neptun, bereits 4 Stunden. Den Weg bis zu dem supponierten nächsten Fixstern aber legt er erst in $3\frac{1}{2}$ Jahren zurück, d. h. der nächste Fixstern ist $3\frac{1}{2}$ Lichtjahre von uns entfernt. Bei der Betrachtung des gestirnten Himmels wissen wir jetzt, daß das Licht der hellsten Sterne, die wir sehen, bereits vor 30 Jahren die betreffenden Sterne verlassen hat, um heute erst in unser Auge zu gelangen, und die entfernteren Sterne sehen wir jetzt, wie sie etwa zur Zeit der Entdeckung Amerikas aussahen. Das sind gewiß gewaltige Zahlen, und erst im letzten Kapitel dieser Schrift werden wir Gedanken darüber äußern können, ob damit die Grenzen des sichtbaren Weltalls gegeben sind. Was wollen aber erst die Millionen von Sternen in dem ungeheuren Raume bedeuten, den sie einnehmen? Machen wir die gewiß nicht übertriebene Annahme, alle Sterne des Weltalls seien durchschnittlich so weit voneinander entfernt, wie der nächste Stern von uns, setzen wir ferner voraus, die Fixsterne hätten dieselbe Masse wie unsere Sonne — es möge hier eingeschaltet werden, was wir in einem weiteren Kapitel genauer kennen lernen werden, daß die Fixsterne nichts anderes als Sonnen sind —, und sie seien von ähnlichen Planetensystemen umgeben wie unsere Sonne, so können wir leicht die folgende Rechnung anstellen: Unser Sonnensystem reicht dann bis zur Hälfte der Entfernung bis zum nächsten Fixstern, d. h. 3500 mal weiter als die Neptunsbahn, bis zu welcher Grenze wir bisher das Sonnensystem gerechnet hatten. Um nun die mittlere Dichtigkeit des Weltalls zu finden, müssen wir daher die Gesamtmasse des

Systems verteilen auf eine 3500mal größere Kugel, d. h. auf einen 3500^3mal größeren Inhalt, und in dem gleichen Verhältnis wird die Dichtigkeit des Weltalls geringer als die des Sonnensystems, das ist noch 43000 Millionenmal dünner. Ich will dieser Zahl nichts weiteres hinzufügen; zu begreifen ist sie nicht, und sie lehrt nur, daß im Verhältnis zum Raume die Materie verschwindend gering ist, unverständlich für Wesen, welche wie wir aus höchst konzentrierter Materie bestehen und an dieselbe durch alle Funktionen gebunden sind.

Es erübrigt noch, auf einen anderen Faktor einzugehen, der neben der räumlichen Ausdehnung das Verständnis des Weltalls beherrscht, auf jenes kaum definierbare Etwas, welches wir die Zeit nennen. Das All ist nicht bloß unendlich in bezug auf den Raum, es ist auch unendlich in bezug auf die Zeit, d. h. es bestand von Ewigkeit her und wird in Ewigkeit bestehen.

Große Zeiträume zu erfassen ist viel schwieriger als große Entfernungen. Wir sehen die Jahre unseres Lebens dahinrollen; aber ein rechtes Verständnis für die Zeit, während welcher wir bereits mit Bewußtsein gelebt haben, ist nicht vorhanden, da die Ereignisse, aus deren Aufeinanderfolge sich der Begriff der Zeit ergibt, um so mehr aus dem Gedächtnisse schwinden, je unbedeutender sie sind, und je weiter sie zurückliegen. Die Jahre der Kindheit schrumpfen daher, z. B. im mittleren Alter, für das Gefühl außerordentlich zusammen, und deshalb fehlt uns bereits das richtige Zeitgefühl für die selbst erlebte Zeit. Wie können wir da verstehen, daß, wie wir später sehen werden, in der Entwicklungsgeschichte eines Fixsterns die Jahrmillionen dieselbe Rolle spielen, wie in unserem Leben die Tage oder Monate? Es gibt auch wohl kaum ein Mittel, die Zeitvorstellung zu verbessern; denn wo die Möglichkeit der Erfahrung ausgeschlossen ist, da kann von einer Vorstellung eben keine Möglichkeit sein.

Diese Schwierigkeit erkennt man auch sehr deutlich darin, daß, wenigstens meiner Erfahrung nach, von den Laien die Frage nach einer Erklärung, was die Ewigkeit sei, viel häufiger gestellt wird, als die nach der räumlichen Unendlichkeit.

Diese Frage ist, wie jede dieser Art, bekanntlich nicht zu beantworten; aber ein berühmter Astronom, der wohl sehr häufig mit derselben geplagt worden ist, hat es doch verstanden,

eine sehr gute Antwort auf dieselbe zu geben und zwar folgendermaßen: Stellen Sie sich die Entfernung von hier bis zum nächsten Fixstern, $3^1/_2$ Lichtjahre, vor, und denken Sie sich einen Würfel, dessen Kantenlänge gleich dieser Entfernung ist. Dieser Würfel sei mit Tinte gefüllt und mit dieser Tinte schreiben Sie auf einen Papierstreifen eine Zahl hin, bis alle Tinte verschrieben ist. Wenn Sie dann mit dieser Zahl die Zahl der Jahre bezeichnen, dann haben Sie — noch immer keine Ahnung von der Ewigkeit.

II. Kapitel.

Der gestirnte Himmel.

Im ersten Kapitel hatte ich versucht, den Leser an große Zahlen und an die Anschauung von den überwältigenden Dimensionen des Weltalls zu gewöhnen und ihn damit so vertraut zu machen, daß es späterhin nicht bei jeder Gelegenheit notwendig wird, in ermüdender Weise ihn immer wieder daran zu erinnern. Von selbst muß jetzt jeder in der Lage sein, sich die Vorstellungen von der Wirklichkeit der Erscheinungen gegenüber dem „Scheinbaren" zurecht zu legen.

In diesem zweiten Kapitel nun möchte ich den umgekehrten Weg einschlagen und zeigen, wie uns Erdenbewohnern das Weltall erscheint, und wie die Menschheit sich im Laufe der Jahrhunderte mit dieser Erscheinung vertraut gemacht hat.

Das Erhabenste, was der Mensch schauen kann, bleibt bei noch so häufiger Wiederholung der gestirnte Himmel in mondscheinlosen Nächten. Der Städtebewohner freilich, dem die helle Beleuchtung der Straßen und eine ständige Dunstwolke den Anblick des Himmels stets beschränkt, kennt diesen einfachen Genuß weniger, er geht häufig gleichgültig daran vorüber, weil er ihn noch nicht begriffen hat. Wer ihn einmal genossen, wer einmal auf stiller Bergeshöh oder auf dem freien Meere mit Verständnis ins Weltall geschaut hat, der sucht sich häufiger dieses Naturbild zu verschaffen. Es überkommt den einsam Schauenden eine weihevolle Stimmung, er fühlt seine eigene Unbedeutendheit gegenüber dem unbegreiflichen Ganzen, und wenn auch nicht ein Begreifen, so durchzieht ihn doch eine Ahnung von dem Unendlichen und Ewigen, und Kant sagt, es könne nur ein ganz verderbter Mensch sein, den der Anblick des gestirnten Himmels gefühllos lasse.

Je einfacher der Sinn der Menschen war, je weniger positive Kenntnisse sie von der wirklichen Naturbeschaffenheit besaßen, um so mehr konnten sie ihrer Phantasie freien Spielraum lassen und die Gedanken, die in ihnen der Anblick des gestirnten Himmels erregte, unmittelbar auf ihn beziehen. In der zufälligen Figuration der helleren Sterne glaubten sie Ähnlichkeiten mit Menschen- oder Tiergestalten zu erkennen und dachten sich dieselben auf hervorragende Götter oder Götzen bezogen und kamen teilweise dazu, die Gestirne direkt als Gottheiten anzubeten. Am meisten entwickelt waren derartige Übertragungen natürlich beim poesiebegabten Volke der alten Griechen, deren ganze Mythologie oder Götterlehre ja gleichsam ein Gedicht zu nennen ist.

Schon in den vorhistorischen Zeiten hatten die Griechen Gestalten und Sagen aus ihrem Mythus an den Himmel versetzt und sowohl einzelne hellere Sterne als auch ganze Konstellationen mit Namen bezeichnet; denn derartige, noch heute gültige Benennungen kommen bereits bei den ältesten Dichtern, bei Homer und Hesiod vor. Der hellste Stern hatte bereits den noch heute geläufigen Namen Sirius „der Funkelnde", und das schönste Sternbild für unsere nördliche Halbkugel, das zur Winterszeit am Südhimmel stehende mächtige Kreuz von fünf hellen Sternen, wird schon von beiden Dichtern als „Orion" bezeichnet. Noch manche andere Sternbilder haben sie gekannt, z. B. auch den Großen Bären, der für unsere Gegenden bekanntlich nie untergeht, oder, wie die Dichter sich ausdrückten, nie in die Fluten des Ozeans taucht. Das uns ebenso bekannte Sternbild des Kleinen Bären, dicht am Pole gelegen, war dagegen zur Zeit Homers noch nicht als solches bekannt; es ist zweihundert Jahre später durch den ältesten Astronomen, durch Thales von Milet, aus dem Orient eingeführt worden. Die Feststellung und Benennung derjenigen Sternbilder, durch welche die scheinbare Sonnenbahn hindurchgeht, der Tierkreis oder Zodiakus, scheint noch älteren Datums zu sein, und von den Chaldäern zu stammen, von denen ihn die Griechen übernommen haben.

Mit der gesamten griechischen Wissenschaft wurden auch die astronomischen Kenntnisse der Griechen von den Römern übernommen, dabei auch die Namen der Sternbilder und Sterne; manche derselben wurden aber allmählich in die lateinische

Sprache übersetzt, und so kommt es, daß wir heute viele lateinische Namen am Himmel finden. Von den Römern ist nicht viel zur Erweiterung der astronomischen Wissenschaft beigetragen, Jahrhunderte lang hat sie brach gelegen, bis die Araber als Verbreiter des muhammedanischen Glaubens die abendländischen Kulturstätten eroberten und sich nach Befestigung ihrer Siege als eifrige Förderer der Wissenschaften, insbesondere der Astronomie erwiesen. Auch sie übersetzten die griechischen Bezeichnungen teilweise in diejenigen ihrer Sprache, fügten andere hinzu, und aus dieser Zeit rühren die vielen wohlklingenden arabischen Sternnamen her.

Bis ins neunzehnte Jahrhundert hinein hat man versucht, neue Sternbilder einzufügen, die aber meist wieder außer Gebrauch gekommen sind; eines der letzten derselben dürfte wohl das 1787 zu Ehren Friedrichs des Großen vorgeschlagene Sternbild „Friedrichs Ehre" sein.

Die zuerst aus ethischen und religiösen Gefühlen entstandene Benennung der helleren Sterne und Konstellationen muß immerhin auch als der Anfang der astronomischen Wissenschaft, speziell unserer Kenntnisse über das All bezeichnet werden. Sie war ein wichtiges mnemotechnisches Hilfsmittel und leitete unmittelbar zur Anfertigung der ersten Sternkarten über. Vielleicht noch wichtiger war die dadurch gegebene Anregung, mit vermehrter Aufmerksamkeit den gestirnten Himmel zu betrachten und die Unveränderlichkeit der Konstellationen gegenüber den bewegten Gestirnen zu erkennen und damit den ersten Schritt zur Trennung des Sonnensystems von der Welt der Fixsterne zu tun. Schon im fernsten Altertum hatte man erkannt, daß nicht bloß Sonne und Mond ständig ihre Örter unter den Fixsternen veränderten, sondern daß auch andere helle Sterne eigentümlich komplizierte Bahnen am Himmel beschrieben. Freilich schritt die Erkenntnis des Grundes dieser Bewegungen nur langsam vorwärts, und zwischen der ersten *geometrischen* Deutung derselben bis zu der heute feststehenden *mechanischen* Erklärung des Sonnensystems, wie wir sie im ersten Kapitel zugrunde gelegt haben, waren gewaltige Schwierigkeiten zu überwinden. Doch dürfen wir hier bei diesem interessanten Teile der Geschichte der Astronomie nicht verweilen, da wir uns ja jetzt mit dem ganzen All und nicht speziell mit dem Sonnensystem beschäftigen wollen.

Ein wesentlicher Fortschritt zur Erkenntnis des Fixsternsystems wurde eingeleitet, als man sich nicht mehr allein mit der Konfiguration der Sterne beschäftigte, sondern es lernte, ihre Positionen am Himmel zu bestimmen, d. h. ihre Abstände von zwei Grundebenen zu ermitteln, die zwar nicht reell am Himmel vorhanden sind, sich aber immer aufs neue wieder bestimmen lassen. Man erkannte das Gesetzmäßige in den Bewegungen des Himmelsgewölbes: Die scheinbare Drehung des ganzen Himmelsgewölbes um eine schrägliegende Achse, die auf den Nordpol des Himmels zeigt und in 24 Stunden vor sich geht, und eine zweite scheinbare Drehung, die zu einem Umlauf ein Jahr braucht und in inniger Beziehung zur Sonnenbahn steht. Heute lernt es jedes Kind in der Schule, daß die erstere Drehung durch die tägliche Drehung der Erde um ihre Achse, die letztere durch die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne entstehen, und daß der Wechsel der Jahreszeiten durch den Umstand bedingt ist, daß diese beiden Drehungsebenen um einen beträchtlichen Winkel (23^0) gegeneinander geneigt sind. Man lernte es bald, Instrumente zu bauen, vermittels deren man direkt die Winkelabstände der Fixsterne von diesen Ebenen und von deren Durchschnittslinie messen konnte. Diese Winkelabstände wurden tabellarisch in Büchern eingetragen und damit die ersten Sternkataloge hergestellt.

Vor der Erfindung des Fernrohrs konnte man natürlich nur die Positionen der hellen, dem bloßen Auge gut sichtbaren Sterne ermitteln, heute ist kaum noch eine Grenze in dieser Beziehung gegeben. Der älteste Sternkatalog, den wir kennen, den Ptolemäus um 130 n. Chr. Geburt zusammengestellt hat, enthält 1025 Sterne; der neueste, noch in Arbeit begriffene, der mit Hilfe der Photographie hergestellt wird, wird nach seiner Vollendung 3 bis 4 Millionen Sterne umfassen!

Noch wichtiger als die Vermehrung der Anzahl der gemessenen Sterne ist die Vergrößerung der Genauigkeit der Messungen. Mit den modernen Beobachtungsinstrumenten vermag man die Positionen der Sterne mit einer Genauigkeit festzulegen, die bisher wohl in keinem anderen Zweige der exakten Wissenschaften erreicht worden ist und mit Recht Staunen und Bewunderung erregt. Es hält schwer, einem Nichtfachmanne einen Begriff von dieser Genauigkeit zu geben; wählt man als Vergleich das Messen mit einem Maßstabe

und nimmt man an, daß zur Zeit des Ptolemäus eine gewisse Strecke bis auf ein Meter genau hätte gemessen werden können, so würden wir jetzt dieselbe Strecke mit Leichtigkeit bis auf den zehnten Teil eines Millimeters festlegen können.

Von welcher Bedeutung ist nun für die Ziele, welche wir hier verfolgen, das genaue Messen am Himmel und die Anfertigung von Sternkarten und -Katalogen? Von der allerhöchsten, als einer wichtigen Quelle, aus welcher wir Kenntnisse über den äußeren Bau des Weltalls schöpfen können. Zunächst gewinnen wir hieraus eine möglichst exakte direkte Anschauung vom All. Wir erkennen, daß trotz scheinbarer Regellosigkeit im einzelnen in der Verteilung der Sterne am Himmel im großen und ganzen doch etwas Gesetzmäßiges vorhanden ist. Die Milchstraße, jenes matte, zerrissene und unregelmäßige Band, welches als geschlossener Ring den ganzen Himmel umspannt, löst sich im Fernrohre in einer Unzahl schwacher Sterne auf, die stellenweise tatsächlich wie Sandkörner am Meeresufer, nur leuchtend und glitzernd, gedrängt sind. Und allmählich nimmt mit größerem Abstand von der Milchstraße die Sterndichtigkeit ab, bis sie ihr Minimum an den Polen der Milchstraße, d. h. an denjenigen Punkten des Himmels, die von dem leuchtenden Gürtel am weitesten entfernt sind, erreicht. Gar nicht unbedeutend ist der Unterschied in der Sternfülle zwischen Milchstraße und Pol: in ersterer kommen etwa 20 bis 30mal mehr Sterne auf das gleiche Flächenstück als bei letzterem, und hieran knüpft sich schon gleich die bedeutungsvolle Frage, die wir im letzten Kapitel zu beantworten versuchen wollen, stehen in der Milchstraße die Sterne tatsächlich dichter zusammen als an anderen Stellen des Himmels, oder ist die größere Dichtigkeit nur eine scheinbare, verursacht durch eine größere Ausdehnung unseres Fixsternsystems in der betreffenden Richtung?

Wie der uralte Name andeutet, galten die Fixsterne tatsächlich als feste, leuchtende Punkte, angeheftet an einer krystallenen Sphäre; sie waren alle gleich weit von uns entfernt und verharrten in ewiger Starrheit. Einzelne Veränderungen erkannte man zwar allmählich; aber sie waren äußerst gering und ließen sich so deuten, daß die ganze Sphäre gewissen Schwankungen unterworfen sei, während die Sterne untereinander völlig fest und unverändert blieben.

Nach der Reformation der Sternkunde durch Kopernikus, nachdem die Erde ihre feste und unveränderliche Lage verlor, zu einem kleinen, unbedeutenden Körper herabsank und dafür die Sonne an ihre Stelle trat, konnte eine solche Anschauung nicht bestehen bleiben. Man gewann einen Einblick in die Weite des Raumes; der Begriff der Sphäre verschwand, um durch das unendliche All ersetzt zu werden, in dem die Fixsterne verteilt sind als selbständige Weltindividuen, ähnlich unserer Sonne, voneinander durch ungeheure Entfernungen getrennt.

Wenn aber die Fixsterne isolierte Körper im Weltall sind, dann müssen sie auch selbständige Bewegungen ausführen; denn es gibt keine Ruhe im Weltall und es kann keine Ruhe geben. Ein Moment der wirklichen Ruhe würde gleichzeitig der Anfangsmoment für die Zerstörung des Bestehenden sein; nur bereits vorhandene Bewegung kann für einen längeren Zeitraum eine gewisse Stabilität des Weltganzen ermöglichen. Das lehrt ja aufs deutlichste unser eigenes Sonnensystem, in dem nur die durch die Bewegung der Planeten erzeugte Fliehkraft der Anziehungskraft der Sonne das Gleichgewicht hält. Käme die Bewegung der Planeten plötzlich zum Stillstande, so würden sie von demselben Augenblicke an beginnen, sich auf die Sonne zu stürzen, um in derselben ihr Ende zu finden.

Um nun über die Bewegungen der Fixsterne vollständig ins klare zu kommen, wollen wir annehmen, daß wir stündlich und täglich über sehr lange Zeiträume hin die Positionen einiger derselben am Himmel mit Hilfe eines sogenannten Meridianinstruments mit größter Genauigkeit bestimmen könnten. Hierdurch würden wir nun zunächst einiges bestätigt erhalten, was wir bei Aufmerksamkeit schon mit bloßem Auge konstatieren könnten. Die Sterne bewegen sich in 24 Stunden um den Nordpol des Himmels herum, nur scheinbar, wie wir wissen, infolge der Drehung der Erde um ihre nach dem Himmelsnordpol gerichtete Achse. Aber diese Drehung geht nicht ganz gleichförmig von statten, sondern es treten besonders in der Nähe des Horizontes Störungen ein, die bewirken, daß die Sterne früher aufgehen und später untergehen als sie sollten. Diese Erscheinung wird als Refraktion bezeichnet und rührt daher, daß die Lichtstrahlen beim Durchgange durch unsere

Atmosphäre von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden, und zwar um so mehr, je schräger sie gegen die Atmosphäre auftreffen, am stärksten also am Horizonte. Durch die Refraktion werden die Sterne scheinbar gehoben, daher sind sie noch sichtbar, auch wenn sie in Wirklichkeit bereits unterhalb des Horizontes stehen. Um die wahren Örter der Sterne, wie wir sie für unsere Betrachtungen nötig haben, zu erhalten, müssen alle Beobachtungen wegen der Refraktion korrigiert werden, was eine häufig recht komplizierte Rechnung erfordert.

Es sei hier zwischengeschaltet, daß man sich von der Existenz der Refraktion auch ohne Meßinstrumente leicht überzeugen kann, wenn man die Sonne morgens oder abends unmittelbar über dem Horizonte betrachtet. Ihre sonst kreisrunde Scheibe erscheint alsdann als Oval, dessen kürzere Achse senkrecht steht. Die Erscheinung ist sehr augenfällig und erklärt sich leicht dadurch, daß die Zunahme der Refraktion gerade unmittelbar am Horizonte sehr stark ist. Infolgedessen wird der untere Sonnenrand mehr gehoben als der obere, diesem also näher gebracht, daher wird der senkrechte Durchmesser der Sonne kürzer als der horizontale, der unverändert bleibt.

Die beiden zuerst erkennbaren Bewegungen der Fixsterne, die tägliche Drehung und die Modifikation dieser Drehung durch die Refraktion sind also sogenannte scheinbare, sie sind verursacht durch die Drehung der Erde um ihre Achse und durch die Atmosphäre der Erde, haben also mit den Fixsternen selbst nichts zu tun.

Bei weiterer Verfolgung der Örter der Fixsterne erkennt man nun bald, daß jeder Fixstern von Tag zu Tag immer früher auf- oder untergeht, und zwar um nahe 4 Minuten. Dieses summiert sich so, daß sie in einem halben Jahre gerade um 12 Stunden früher sind, d. h. daß sie alsdann am Tage über dem Horizonte stehen und infolgedessen nicht mehr zu sehen sind, bis nach einem ganzen Jahre wieder alles beim alten ist. Auch bei dieser mit dem Wechsel der Jahreszeiten in innigem Zusammenhange stehenden Erscheinung darf die Erklärung als bekannt vorausgesetzt werden; sie ist eine Folge der Bewegung der Erde um die Sonne, und die dadurch hervorgerufenen periodischen Veränderungen im Anblicke des gestirnten Himmels sind ebenfalls als scheinbare zu betrachten und sind nicht reelle Veränderungen am Himmel.

Vergleicht man die Beobachtungen von Sternen nach längeren Zeiträumen miteinander, so findet man eine weitere Bewegung der Fixsterne, die sich darin äußert, daß zwar die Konstellationen noch immer unverändert bleiben, daß aber der Sternenhimmel im ganzen sich allmählich gegen die oben angegebenen Grundebenen und -Linien verschiebt. Da aber die gegenseitige Lage der Sterne hiervon nicht berührt wird, so ist es klar, daß die Ursache dieser Erscheinung in einer Veränderung der Grundebenen selbst liegen muß. Und in der Tat ist es so, die Erdachse behält zwar ungefähr ihre Neigung gegen die Erdbahn bei, aber nicht die Richtung dieser Neigung. Die Erdachse vollführt eine im Verhältnis zu ihrer Rotation sehr langsam rotierend-schwingende Bewegung aus, genau so wie die Achse eines schief auf eine Ebene aufgesetzten Kreisels. 26 000 Jahre hat sie zur Vollendung einer derartigen Bewegung nötig, nach diesem Zeitraume haben die Sternbilder wieder dieselbe Lage zum Äquator und der Durchschnittslinie von Äquator und Sonnen-, resp. richtiger Erdbahn, wie jetzt. Diese Bewegung, Präzession genannt, und mit ihr noch eine ganze Reihe ähnlicher, aber weniger auffallender Verschiebungen der Fixsterne gegen die Grundebenen, haben also ebenfalls mit dem Fixsternsystem nichts zu tun, sie beruhen einzig auf Lageänderungen unserer Erdachse und müssen daher auch aus unseren Betrachtungen ausgeschieden werden.

Eine weitere sehr eigentümliche Ortsveränderung zeigen die Fixsterne, deren Periodenlänge genau ein Jahr beträgt, und die darin besteht, daß die Sterne stets um einen kleinen Betrag rechtwinklig zur Bahnrichtung der Erde verschoben sind. Schon die Tatsache, daß die Periode gerade ein Jahr ist, lehrt, daß auch hier wiederum nur eine scheinbare Ortsveränderung vorliegen kann. Man hat dieselbe die Aberration der Gestirne genannt; sie beruht auf dem Umstande, daß die Lichtgeschwindigkeit zwar sehr groß, aber doch nicht unendlich groß ist, und ihre Erklärung läßt sich durch ein Beispiel erleichtern. Nehmen wir an, eine Kanonenkugel schlage durch ein in Ruhe befindliches Schiff hindurch. Verbindet man dann die zwei Löcher in den beiden Schiffswänden durch eine gerade Linie, so ist es klar, daß die Verlängerung dieser Linie genau die Kanone treffen muß. War aber das Schiff in Bewegung, so hat sich dasselbe während der Zeit, die die Kugel brauchte, um von

der einen Schiffswand bis zur anderen zu gelangen, um eine Kleinigkeit vorwärts bewegt, die Verbindungslinie der beiden Schußlöcher kann nun nicht mehr genau die Kanone treffen, sondern sie wird rechts von ihr vorbeigehen, wenn sich das Schiff nach links bewegt hat, links, wenn das Schiff nach rechts fuhr. Ersetzen wir nun die Kanonenkugel durch den sich schnell fortpflanzenden Lichtstrahl, das bewegte Schiff durch das mit der Erde sich bewegende Fernrohr, so bleiben alle Verhältnisse bestehen. Während der Lichtstrahl von der vordersten Linse des Fernrohrs, dem Objektiv, bis zum Auge eilt, hat sich das Fernrohr durch die Bewegung der Erde um die Sonne um eine Kleinigkeit verstellt, der Lichtstrahl trifft also nicht denselben Punkt des Auges den er bei ruhender Erde treffen würde; die Verbindungslinie dieses Punktes mit der Mitte des Objektives trifft demnach nicht mehr den Ausgangspunkt des Lichtstrahls, den Stern, sondern liegt etwas daneben. Da nun die Bewegung der Erde alle halbe Jahre die umgekehrte wird, so muß auch die durch die Aberration entstehende Ortsveränderung die umgekehrte sein, während nach einem vollen Jahre wieder die ursprünglichen Verhältnisse vorliegen. Die durch die Aberration verursachte Verschiebung kann im Maximum 20″ betragen, das ist etwa der hundertste Teil des scheinbaren Monddurchmessers.

Nach eine andere Art von gesetzmäßiger Bewegung, ebenfalls mit einer Periode von einem Jahre, und also auch von der Bewegung der Erde um die Sonne abhängend, müssen die Fixsterne zeigen. Auch diese wollen wir uns an einem Beispiele klarzulegen versuchen. Wir wollen uns zu diesem Zwecke vorstellen, wir befänden uns einige Kilometer von einer Stadt entfernt, welche irgend ein hervorragendes Zeichen, z. B. einen Kirchturm besitzt, der sich von unserer Stelle aus gerade mit einer sehr entfernten Bergkuppe decken möge. Bewegen wir uns nun eine kleine Strecke nach rechts hin, so wird sich der Turm nach links von der Kuppe hin verschieben, und wenn wir irgend ein Winkelmeßinstrument zur Verfügung haben, so können wir den Winkel, um welchen sich der Turm gegen die Kuppe verschoben hat, bestimmen. Ebenso können wir mit einem Maßstabe messen, um wieviel Meter wir uns nach rechts bewegt hatten. Die drei Punkte Kirchturm und die beiden Beobachtungsstellen bilden ein rechtwinkliges Dreieck, und es

ist bekannt, daß man in einem solchen alle Stücke berechnen kann, wenn man nur zwei kennt. Bekannt sind uns nun der Winkel der Turmverschiebung und die Länge der kleineren Dreiecksseite; daraus läßt sich also die Länge der größeren Seite berechnen, das ist die Entfernung von unserer Stelle aus bis zum Kirchturm. Nach dieser Methode sind wir demnach imstande, die Entfernung weit gelegener Orte zu bestimmen, ohne daß man sich dorthin zu begeben braucht. Eine einfache Überlegung lehrt auch, daß das Resultat der Entfernungsbestimmung um so genauer werden wird, je weiter die Bergkuppe im Verhältnis zur Entfernung des Turms abgelegen ist; läge sie dicht hinter der Stadt, so würde das Resultat sehr falsch werden.

Die Anwendung dieser Methode auf die Bestimmung der Entfernung der Fixsterne von uns aus ist die folgende. Der zu bestimmende Stern, meist ein hellerer, oder einer, bei dem man aus anderen Gründen verhältnismäßige Nähe erwartet, wird an einen in seiner Nähe befindlichen anderen Stern, der voraussichtlich viel weiter entfernt ist, z. B. einen recht schwachen Stern, angeschlossen; der letztere spielt also die Rolle der Bergkuppe. Nun würde eine Ortsveränderung auf der Erde allerdings im Verhältnis zur Entfernung der Fixsterne viel zu gering sein, als daß sie eine wahrnehmbare Verschiebung der beiden Sterne gegeneinander gäbe; glücklicherweise sorgt aber die Erde selbst durch ihre Bewegung um die Sonne für eine knapp genügende Meßbasis. Wird die Entfernung der beiden Sterne voneinander zu zwei Zeiten gemessen, die genau ein halbes Jahr auseinander liegen, so ist die zur Verfügung stehende Meßbasis gleich dem Durchmesser der Erdbahn, das ist rund 300 Millionen km. Diese gewaltige Entfernung ist eben ausreichend, um bei einigen der nächsten Sterne einigermaßen den Verschiebungswinkel, oder wie der technische Ausdruck lautet, die Parallaxe unter Aufwand von großer Kunst und Mühe messen zu können.

Die im vorstehenden kurz angedeutete Methode ist die einzige, durch welche Fixsternentfernungen direkt gemessen werden können, und als solche demnach von hoher Bedeutung. Für die vorliegenden Betrachtungen kommt hauptsächlich die Folgerung in Betracht, daß die näheren Fixsterne gegenüber den entfernteren kleinen periodischen Schwankungen von Jahres-

dauer unterworfen sind, die aber wie die Aberrationsschwankungen nur scheinbare sind, Spiegelbilder unserer eigenen Bewegung um die Sonne.

Noch haben wir nach dem bisherigen recht, die Bezeichnung Fixsterne zu benutzen, diese Gestirne als absolut feste, unveränderliche Punkte zu betrachten, und es ist noch nicht lange über 100 Jahre her, daß man durch die immer mehr verfeinerten Messungen erkannt hat, daß den Fixsternen nicht wirkliche Ruhe beschieden ist. Auch nach Ausscheidung aller bisher erwähnten scheinbaren Ortsveränderungen bleiben nach Ausweis der fortgesetzten Beobachtungen Bewegungen der Fixsterne übrig, die auf keine andere Weise zu deuten sind, als durch die Annahme reeller Bewegungen.

Dieselben sind aber mit wenigen Ausnahmen alle äußerst gering, d. h. sie erscheinen uns wegen der ungeheueren Entfernung so klein. Viele Jahrtausende müßten verfließen, wenn die dadurch bedingten Veränderungen in der Konstellation mit dem bloßen Auge erkannt werden sollten.

Wenn wir nun wissen, daß die Fixsterne nicht ruhen, sondern sich im Weltall bewegen, dann wissen wir auch, daß unsere Sonne, die doch auch nur ein Fixstern ist, sich ebenfalls mit allen Planeten im Raume bewegen wird, und da erscheint es als eine vornehme Aufgabe, diese Bewegung zu ermitteln. Das kann auf dieselbe Weise geschehen, wie wir unsere eigene Fortbewegung im Eisenbahnzuge wahrnehmen. Die seitlich liegenden Gegenstände fliegen scheinbar rückwärts an uns vorbei; in der Richtung nach vorn rücken alle Objekte immer weiter auseinander, besonders die zunächst liegenden, nach rückwärts schließen sie sich immer mehr zusammen. Wenn sich unsere Sonne wirklich bewegt, so muß sich die eben angedeutete Gesetzmäßigkeit auch in den Eigenbewegungen der Fixsterne aussprechen, allerdings nicht in dem Sinne, daß nun jeder einzelne Stern sich genau entsprechend dieser Regel bewegen müsse, denn diese scheinbare Bewegung setzt sich ja mit der wirklichen der Sterne zusammen. Der einzelne Stern braucht sich nicht gesetzmäßig zu bewegen, aus Hunderten oder Tausenden von Sternen aber muß das Gesetzmäßige erkannt werden können. Findet man also eine Stelle am Himmelsgewölbe, wo die Bewegungen der Fixsterne im allgemeinen so gerichtet sind, daß die letzteren scheinbar langsam auseinander rücken,

so werden wir uns auf diese Gegend zu bewegen, und diese Deutung wird zur Gewißheit werden, wenn an der entgegengesetzten Stelle sich die Eigenbewegungen gerade umgekehrt verhalten. Und so zeigt es sich auch in Wirklichkeit, und durch vielfache Untersuchungen ist festgestellt, daß sich die Sonne zur Zeit nach einer Stelle des Himmels hinbewegt, die im Sternbilde des Herkules gelegen ist. Die Geschwindigkeit dieser Bewegung, auf deren Ermittelung wir gleich noch genauer eingehen werden, ist im Verhältnis zu mechanisch herstellbaren zwar schon sehr groß, nicht aber im Verhältnis zu himmlischen Vorgängen; sie beträgt 15 bis 20 km in der Sekunde oder im Jahre rund 500 Millionen km, d. h. das Sonnensystem braucht, um seinen eigenen Durchmesser zurückzulegen, 17 Jahre. Dieser Durchmesser war aber im Verhältnis zu den Fixsternweiten nur eine Kleinigkeit, und man begreift nunmehr leicht, weshalb die Bewegungen der Fixsterne scheinbar so außerordentlich gering sind.

Aus der angedeuteten Gesetzmäßigkeit in der Bewegung der Sterne, die das Spiegelbild der eigenen Bewegung des ganzen Sonnensystems darstellt, war es verhältnismäßig einfach, den Punkt zu finden, auf den sich unsere Sonne hinbewegt. Sehr viel schwieriger ist die Ermittelung der oben angegebenen Geschwindigkeit dieser Bewegung. Aus den Spiegelbildern kann man auf dieselbe nur schließen, wenn die Entfernungen der betreffenden Sterne genau bekannt sind, das sind sie ja aber nicht, sondern man kann hierüber nur Hypothesen aufstellen, von deren Richtigkeit oder Unrichtigkeit das Resultat vollständig abhängig ist.

In dieser Beziehung tritt nun die Anwendung des Dopplerschen Prinzips in der Spektralanalyse ergänzend hinzu. Mit derselben kann, wie im Kapitel der Spektralanalyse auseinandergesetzt werden wird, die Geschwindigkeit der Bewegung in Kilometern pro Sekunde gefunden werden, und zwar in der Richtung auf uns zu oder von uns weg, also in der sogenannten Gesichtslinie. Auch in diesen Geschwindigkeiten muß sich die eigene Bewegung des Sonnensystems abspiegeln; denn bei den Sternen, welche sich in der Richtung dieser Bewegung befinden, kommt die letztere zu der eigenen Bewegung hinzu, für die gerade entgegengesetzt liegenden kommt sie natürlich in Abzug. Auf diesem Wege ist die oben angegebene Zahl für

die Geschwindigkeit des Sonnensystems, 15 bis 20 km in der Sekunde, abgeleitet.

Wenn man nun den Effekt der Bewegung des Sonnensystems von den Ortsveränderungen der Fixsterne in Abzug bringt, so stellen die alsdann noch übrig bleibenden Bewegungen, sowohl die Winkelbewegungen am Himmel als auch die Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie, die wahren Bewegungen der Fixsterne im Raume dar, und es ist als die Hauptaufgabe der Astronomie zu betrachten, hieraus die Konstitution des Fixsternsystems abzuleiten. Wir werden im sechsten Kapitel auf diese Aufgabe zurückkommen müssen; es sei aber schon hier gleich vorweg bemerkt, daß wir von ihrer Lösung noch sehr weit entfernt sind, und daher vorläufig das Problem der Konstitution des Fixsternsystems von einer ganz anderen Seite angreifen müssen.

Zunächst aber wollen wir sehen, was der Anblick des Himmels uns weiter zu bieten vermag.

Bei oberflächlicher Betrachtung des gestirnten Himmels erscheinen die Sterne, abgesehen von der Zunahme der Sterndichtigkeit nach der Milchstraße zu, ganz regellos verteilt, wie der Zufall es gerade gewollt hat. Eine zufällige Verteilung besteht nun nicht darin, daß die Sterne alle gleich weit voneinander entfernt sind, sondern daß sie an einzelnen Stellen weiter, an anderen Stellen näher zusammenstehen, als ihre mittlere Entfernung betragen würde. So wird man auch erwarten dürfen, daß zufälligerweise einzelne Sterne sehr dicht zusammenstehen werden, so daß sie mit dem bloßen Auge kaum zu trennen sind. In der Tat lassen sich mehrere solcher Objekte finden, z. B. der Stern ε in der Leier.

Wenn nun durch die Anwendung von Fernröhren die Zahl der Sterne für das Auge außerordentlich wächst, so wachsen damit natürlich auch die Chancen des dichten Zusammenstehens. Nach der Wahrscheinlichkeitstheorie läßt sich die Zahl der zufällig scheinbar dicht zusammenstehenden Sterne berechnen; dieselbe fällt ziemlich gering aus. Im vollen Gegensatze hierzu befindet sich das wirkliche Verhalten der „Doppelsterne" am Himmel. Ihre Zahl übertrifft die berechnete Zahl um mehr als das Hundertfache, und gerade die am engsten zusammenstehenden Sterne kommen am häufigsten vor, während bei zufälliger Verteilung natürlich die größeren Abstände die häufigsten

sein müßten. Es folgt hieraus, daß in der weitaus größten Mehrzahl der Fälle die Vereinigung zweier Sterne zu einem Doppelstern nicht eine zufällige oder scheinbare ist, hervorgerufen dadurch, daß zwei Sterne sich nahe in der gleichen Richtung vor uns befinden, dabei aber sehr weit auseinander gelegen sind, sondern eine tatsächliche, daß die beiden Sterne wirklich verhältnismäßig dicht zusammenstehen. An diese Erkenntnis schließt sich aber sofort eine weitere Folgerung an.

Zwei Himmelskörper, die verhältnismäßig nahe zusammenstehen, ziehen sich gegenseitig entsprechend stark an, werden sich also einander nähern und schließlich aufeinander stürzen, es sei denn, daß sie durch eine besondere Kraft daran verhindert werden. Welche Kraft dies allein sein kann, lehrt das Beispiel unseres Sonnensystems. Die sich gegenseitig in demselben anziehenden Massen hätten sich längst vereinigt, die Monde wären längst auf ihre Planeten gestürzt und die letzteren längst auf die Sonne, wenn nicht die durch ihre Bahnbewegung gegebene Zentrifugalkraft sie davor bewahrte.

Die Existenz von reellen Doppelsternen ist demnach nur unter den entsprechenden Verhältnissen denkbar, also nur dann, wenn sich der eine um den anderen in einer geschlossenen Bahn bewegt. — Der bekannte Ausspruch, daß sich die Planeten um die Sonne bewegten, ist nicht ganz richtig, sondern muß durch den präziseren ersetzt werden, daß sich die Planeten und die Sonne alle zusammen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen. — In unserem Sonnensystem ist die Masse der Sonne gegenüber den Planetenmassen so überwiegend groß, daß der gemeinschaftliche Schwerpunkt für gewöhnlich noch innerhalb der Sonne liegt, daß man also bei roher Betrachtung mit ziemlicher Annäherung an die Wahrheit sagen kann, daß sich die Planeten um die Sonne bewegten. Bei Doppelsternen kommt es aber häufig vor, daß beide Komponenten derselben gleich hell sind, daß also ihre Massen auch nahe gleich groß sein werden; dann liegt der Schwerpunkt nahe in der Mitte zwischen beiden, und beide werden einander ähnliche Bahnen um denselben beschreiben.

Alle diese Schlußfolgerungen sind durch die Beobachtung der Doppelsterne bestätigt worden. Unter den über 6000 bekannten Doppelsternen hat man schon viele gefunden, bei denen die gegenseitige Lage der Komponenten im Laufe der Jahre sich

merklich geändert hat, ja bei einigen hat man schon manche Umläufe beobachten können; kennt man doch bereits drei solcher Doppelsterne, deren gegenseitiger Umlauf in weniger als 20 Jahren vor sich geht.

Abgesehen von dem Interesse, welches jede Kenntniserweiterung am Himmel mit sich bringt, hat man besonders in früheren Jahren der Berechnung von Doppelsternbahnen noch eine andere, eine mehr philosophische Bedeutung beigelegt. Entsprechen die wirklichen Bahnen der Doppelsterne den berechneten, so beweist dies, daß in weit abgelegenen Gegenden des Weltalls das für unser Sonnensystem gültige Newtonsche Anziehungsgesetz ebenfalls die Bewegungen reguliert und also nicht bloß auf die Gegend des Weltalls beschränkt ist, in der wir uns gerade befinden.

Heute wird man auf diese Folgerung vielleicht weniger Wert legen, da man jetzt von der Einheitlichkeit aller Naturkräfte viel mehr überzeugt ist als früher und überdies die Distanzen von hier bis zu den anderen Fixsternen gegenüber der Unendlichkeit des Weltalls gar keine Bedeutung haben.

Bei den Helligkeitsverhältnissen der Doppelsterne herrscht die größte Mannigfaltigkeit. Während es viele Doppelsterne gibt, bei denen die beiden Komponenten gleich hell sind, gelangt man mit allen möglichen Abstufungen bis zu solchen, bei denen die eine Komponente einen Stern der 1. oder 2. Größe darstellt, während die andere nur in den mächtigsten Fernrohren eben zu erkennen ist.

Es ist nur eine weitere Schlußfolgerung aus diesen Erfahrungen, wenn man die Behauptung aufstellt, daß es auch Doppelsterne geben werde, bei denen die eine Komponente so lichtschwach ist, daß sie gar nicht mehr gesehen werden kann, auch bei Verwendung größerer Fernrohre. Auch in diesem Falle werden beide Kompenenten sich um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegen, d. h. man wird ohne sichtbare Ursache bei einem scheinbar einfachen Sterne periodische Ortsveränderungen erkennen können, die mit den auf Seite 24 ff. aufgeführten nicht in Einklang zu bringen sind. In der Tat sind bisher mehrere derartige Anomalien beobachtet und in einem Falle durch nachträgliche Entdeckung des bis dahin unsichtbar gewesenen Begleiters zur Evidenz erhoben worden. So ist z. B. schon Mitte des vorigen Jahrhunderts konstatiert worden,

daß der hellste Stern unseres Himmels, Sirius, periodische Ortsveränderungen von allerdings recht geringem Betrage zeigt. Dieselben konnten durch die Annahme eines dunklen Begleiters bei 50jähriger Umlaufszeit und einer mittleren Distanz von $2^1/_2$" gedeutet werden. Im Jahre 1861 gelang es tatsächlich, diesen Begleiter an dem vorausberechneten Orte aufzufinden. Derselbe ist an und für sich gar nicht so besonders schwach, es war nur bis dahin nicht gelungen, ihn zu sehen, weil er durch den überaus hellen Sirius überblendet war. Eine ganz ähnliche Erscheinung zeigt auch der helle Stern Procyon, der ein Doppelstern von 40 Jahren Umlaufszeit sein muß; doch ist es bis jetzt noch nicht gelungen, den Begleiter zu entdecken.

Die Zusammengehörigkeit dicht zusammenstehender Sterne beschränkt sich nun keineswegs auf die Doppelsterne oder Sternpaare, sondern es befinden sich am Himmel auch zahlreiche Gruppierungen zu drei, vier und mehrfachen Sternen. Ja es ist in dieser Beziehung wohl kaum eine obere Grenze anzugeben, da ein kontinuierlicher Übergang von den Doppelsternen bis zu den eigentlichen Sternhaufen existiert, bei denen die Zahl der Sterne bis zu vielen Tausenden beträgt.

Die mehrfachen Sterne sind besonders in theoretischer Beziehung interessant, worüber hier eine kurze Aufklärung gegeben werden möge.

Die so überaus große und mit Recht Bewunderung erregende Genauigkeit, mit welcher man es vermag, die Bahnen unserer Planeten zu berechnen, ist nur dadurch ermöglicht, daß die Massen der Planeten fast verschwindend gering gegenüber der Sonnenmasse sind. Infolgedessen sind die Wirkungen ihrer gegenseitigen Anziehung klein gegenüber der Sonnenanziehung, d. h. ihre Bahnen sind nahe wirkliche Ellipsen, und die Abweichungen davon können als „Störungen" nach besonderen Methoden in Rechnung gezogen werden. Besteht nun ein Sternsystem nur aus zwei Körpern, wie bei den Doppelsternen, von allerdings nahe gleich großen Massen, so ist die Berechnung der Bahnen eine sehr einfache, da sie alsdann reine Ellipsen sind. Sind aber drei oder mehr Körper von nahe gleicher Masse vorhanden, so sind die Schwierigkeiten der Berechnung gleich so enorm gesteigert, daß es bisher überhaupt noch nicht möglich gewesen ist, die Bewegungsgesetze der drei Körper zu ermitteln. Das sogenannte Dreikörperproblem ist allgemein bisher noch nicht gelöst.

In den drei- oder mehrfachen Sternsystemen ist nun diese Lösung praktisch gegeben, und in einigen hundert Jahren wird man bei einigen dieser Systeme die wahren Bewegungen der einzelnen Komponenten durch Beobachtung kennen. Sollten bis dahin die Mathematiker die Lösung des Dreikörperproblems noch nicht gefunden haben, so wird alsdann die Natur sie in einigen praktischen Fällen uns vorführen.

Eines der interessantesten Systeme dieser Art ist der dreifache Stern ζ Cancri. Die drei Sterne (*a*, *b*, *c*) sind von nahe gleicher Helligkeit; die Distanz zwischen *a* und *b* beträgt 0,8″ bei einer Umlaufszeit von etwa 60 Jahren, *c* ist von den beiden um etwa $5\frac{1}{2}$″ entfernt, und seine Umlaufszeit beträgt 600 bis 700 Jahre. Bis jetzt lassen sich die Bewegungen von *a* und *b* noch ganz gut als Ellipse darstellen, das wird aber späterhin, wenn erst einmal *c* eine größere Strecke seiner Bahn zurückgelegt hat, nicht mehr der Fall sein. Der Stern *c* selbst zeigt eigentümliche Anomalien in seiner Bahn, von denen man zuerst glauben konnte, daß sie durch die ja nicht berechenbare Einwirkung von *a* und *b* bedingt seien; es unterliegt jetzt aber keiner Frage, daß diese Anomalien, die eine Periode von 18 Jahren zeigen, ähnlich wie bei Sirius und Procyon durch einen *c* benachbarten, also vierten Stern des Systems verursacht sind.

Die eigentlichen Sternhaufen von den mehrfachen Sternen scharf zu trennen, geht nach dem bereits Gesagten nicht an. Als gröbere Sternhaufen werden diejenigen bezeichnet, die aus helleren Sternen bestehend noch mit bloßem Auge in die einzelnen Sterne aufzulösen sind, wie z. B. die Plejaden. Dann würden in der Reihe diejenigen folgen, die zwar noch dem bloßen Auge als neblige Gebilde sichtbar, doch erst in kleinen Fernrohren aufgelöst werden, wie die Praesepe im Krebs, oder die beiden großen Sternhaufen im Perseus. Die gröberen Sternhaufen sind in ihrer äußeren Form zuweilen unregelmäßig, nähern sich aber doch im allgemeinen der typischen Form der runden Sternhaufen; man kann als Satz aufstellen, daß die Sternhaufen um so mehr sich der Kreisform nähern, je zahlreicher ihre Sterne sind, und je dichter sie zusammenstehen. Dabei ist ganz allgemein die Sterndichtigkeit in der Mitte viel größer als nach den Rändern zu, was übrigens allein schon durch die mutmaßliche Kugelform dieser Sternhaufen

zu erklären ist, doch haben exakte Untersuchungen bei einigen dieser Objekte gelehrt, daß die Dichtigkeit nach der Mitte zu in viel stärkerem Maße zunimmt, als allein nach Maßgabe der Kugelgestalt folgt; es ist daher anzunehmen, daß in der Mitte die Sterne tatsächlich viel dichter zusammenstehen als am Rande. Andere als kugelförmige Sternhaufen kommen übrigens ebenfalls sehr zahlreich am Himmel vor, z. B. die spindelförmigen oder auch die spiraligen. Über diese sowie über die Trennung zwischen eigentlichen Sternhaufen und den sogenannten Nebelflecken wird erst im letzten Kapitel näheres angegeben werden können. Es sei hier nur gesagt, daß es Sternhaufen gibt, die soweit von uns entfernt sind, daß selbst in den mächtigsten Fernrohren eine Auflösung in die einzelnen Sterne nicht stattfindet, daß es andererseits aber auch neblige Objekte am Himmel in großer Zahl gibt, die gar nicht aus einzelnen Sternen bestehen, sondern aus leuchtenden Gasen. Eine Unterscheidung zwischen diesen beiden, im Grunde so außerordentlich verschiedenen Arten von Himmelskörpern ist natürlich durch den bloßen Anblick im Fernrohr nicht möglich. Wir wollen diese nur auf physikalischem Wege ausführbare Trennung hier zunächst als gegeben betrachten.

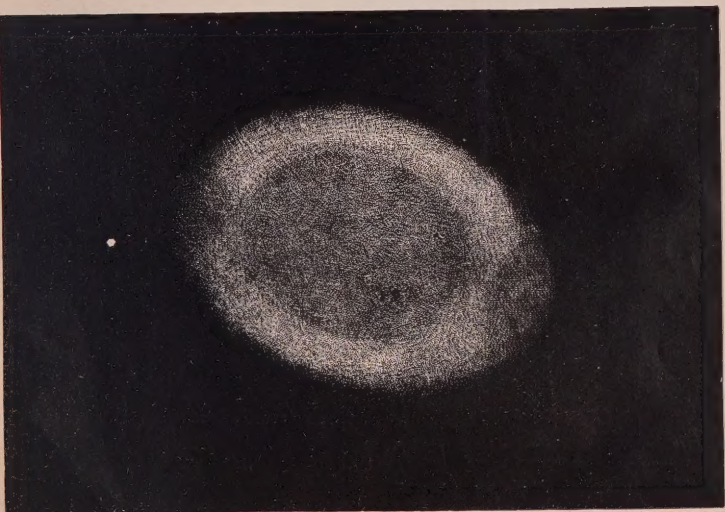
Die eigentlichen Nebelflecken oder Gasnebel zeigen die allergrößten Unterschiede in ihren Formen. Manche von ihnen, besonders die sehr schwachen, erscheinen als Streifen, ganz unregelmäßig begrenzte Flecken, Scheiben usw. von nahe gleichförmiger Helligkeit. Das letztere ist wahrscheinlich nur scheinbar, verursacht durch die außerordentliche Lichtschwäche; wenigstens sind manche scheinbar sehr einfache Gebilde mit Hilfe der Photographie doch als von komplizierter Struktur erkannt worden. Sie unterscheiden sich daher vielleicht nur in bezug auf ihre Lichtschwäche von der zweiten Gruppe von Nebelflecken, die als die unregelmäßigen Gasnebel bezeichnet werden. Dieselben bieten oft ganz unentwirrbare chaotische Formen und sind häufig von großer Ausdehnung. Der hellste von ihnen ist der bekannte Orionnebel, der bereits mit bloßem Auge als matte neblige Scheibe zu erkennen ist. In vollem Gegensatze zu diesen unregelmäßigen stehen die regelmäßig und fast symmetrisch gestalteten Ringnebel, zu denen auch die sogenannten planetarischen Nebel gehören. Sie stellen sich alle als mehr oder weniger gestreckter elliptischer Ring dar, in

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 5.

Fig. 4.



dessen Mitte ein Stern oder vielleicht eine sternartige neblige Verdichtung vorhanden ist.

Es hält ungemein schwer, ohne direkte Beobachtung am Fernrohr eine klare Anschauung von der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen bei Sternhaufen und Nebelflecken zu gewinnen. Durch Zeichnung ist die Feinheit und Zartheit dieser Objekte nicht annähernd wiederzugeben, und wenn auch die photographische Darstellung in den letzten Jahren auf diesem Gebiete gewaltige Fortschritte gezeitigt hat, so vermag sie doch den direkten Anblick nicht immer zu ersetzen, dem sie allerdings in bezug auf die Erkennung der wahren Formen ganz außerordentlich überlegen ist.

Einige der typischsten Objekte sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

Fig. 2 und 3 (s. Tafel) stellen zwei kugelige Sternhaufen dar, von denen der zweite im Sternbilde des Centauren am Südhimmel gelegen ist und mit seinen vielen Tausenden von Sternen das schönste Objekt dieser Art am ganzen Himmel bildet.

Fig. 4 (s. Tafel) gibt ein Bild von der eigentümlichen Form der Spiralnebel, die bei unseren Betrachtungen im Schlußkapitel eine wichtige Rolle spielen. Es gehen hier mehrere Spiralen von einem helleren Kern aus. Die Spiralen selbst sind unregelmäßig gestaltet und zeigen Knoten und Verdichtungen.

Von den Nebelflecken führt Fig. 5 (s. Tafel) den hellsten der großen unregelmäßigen Nebel, den Orionnebel vor, speziell nur den mittleren hellsten Teil desselben. Die nach beiden Seiten ausgehenden gekrümmten Strahlen lassen sich weiter verfolgen, indem sie sich oberhalb des hier abgebildeten Teiles zu einem geschlossenen Ringe vereinigen, der allerdings nur äußerst lichtschwach ist.

Von den regelmäßig gestalteten Nebeln ist in Fig. 6 (s. Tafel) der schöne Ringnebel in der Leyer abgebildet. Der in der Mitte des Ringes befindliche Kern ist auf dieser nach einer Zeichnung gefertigten Figur nicht zu sehen, da derselbe nur auf den photographischen Aufnahmen erscheint.

III. Kapitel.

Die Spektralanalyse.

Wir haben bis jetzt eine gewisse Anschauung von der Gesamterscheinung des Weltalls gewonnen; wir haben gesehen, wie die Sterne der verschiedenen Helligkeit am Himmelsgewölbe verteilt sind und wie sich zwischen ihnen seltsam gestaltete Gebilde zerstreut befinden, die als Sternhaufen und Nebelflecke bezeichnet wurden. Wir haben aber bisher die Sterne nur als Punkte betrachtet, mit dem Bewußtsein zwar, daß sie Körper von ungeheuren Dimensionen wie unsere Sonne darstellen, aber ohne die Frage aufzuwerfen, woraus sie bestehen, weshalb sie leuchten und wie sie entstanden sind und wie sie vergehen werden. Und bei den Nebelflecken haben wir zwar ihre verschiedenartigen äußeren Formen bewundern können, aber wir haben sie doch bisher auch nur als interessante Bilder betrachtet, ohne Leben und ohne Beziehung zu den Fixsternen.

Bevor wir uns an die Lösung der Frage nach dem äußeren Bau des Weltalls wagen dürfen, müssen wir erst über die innere Struktur desselben ins klare kommen, wir müssen zuerst die Physik und die Chemie der Weltkörper studieren.

Es ist ja wohl allgemein bekannt, daß es in den letzten Dezennien gelungen ist, chemische und physikalische Untersuchungen im Weltall anzustellen, daß es gelungen ist, mit derselben Sicherheit wie im Laboratorium, die Elemente zu erkennen, welche sich in höchster Gluthitze auf den Sternen befinden, ja nicht bloß das, sondern auch nachzuweisen, in welchem Aggregatzustande sie dort existieren, ob fest oder flüssig oder gasförmig. Daß man dies noch bei Sternen vermag, die dem bloßen Auge nicht mehr sichtbar sind, grenzt gewiß ans

wunderbare, und wie soll man überhaupt ein Ding chemisch untersuchen können, welches man nicht in die Hand nehmen kann, welches vielmehr viele Billionen von Kilometern entfernt ist? Und doch ist es so, und die herrlichen Resultate, die man in dieser Richtung erhalten hat, und die eine ganz neue Weltanschauung im Gefolge gehabt haben, beruhen auf nichts anderem als auf einer Untersuchung des Lichtes, welches die fernen Himmelskörper uns zusenden; der ganze Wissenszweig selbst wird daher die Spektralanalyse genannt. Daß das keine leicht verständliche Wissenschaft sein kann, geht aus der Schwierigkeit des Problems selbst hervor, und doch muß es versucht werden, den Laien in ihre Geheimnisse einzuweihen, denn sonst ist ein Verständnis der Resultate nicht möglich. So müssen wir denn in diesem Kapitel uns vom Himmel gänzlich ins Laboratorium zurückziehen.

Also die Untersuchung des Lichtes soll uns zum Ziele führen, wir müssen uns daher zunächst mit der Natur desselben etwas näher befassen. Die begrifflichen Schwierigkeiten, welche sich hierbei und auch bei der Lehre von der Spektralanalyse bieten, lassen sich sehr mildern, wenn wir immer zunächst die analogen Verhältnisse beim Schalle zum Vergleiche ziehen. Schall und Licht sind nahe miteinander verwandt; der Hauptunterschied zwischen beiden Naturerscheinungen besteht darin, daß beim Schalle alles in viel gröberer Weise und dabei mit viel langsameren Bewegungen zustande kommt als beim Lichte, daher viel besser für uns zu erkennen und zu verfolgen ist.

Wenn ein elastischer Körper, z. B. eine Stimmgabel oder eine Glocke, durch einen Schlag in Schwingungen versetzt wird, so teilen sich die letzteren der umgebenden Luft mit und werden häufig auf weite Strecken fortgepflanzt. Treffen diese Schwingungen, die in abwechselnder Verdichtung und Verdünnung der elastischen Luft bestehen, unser Ohr, so haben wir die Empfindung des Schalles, wir hören einen Ton. Je eine Abwechselung von Verdichtung und Verdünnung nennt man eine Schallwelle, und die verschiedenen Schallwellen können nach zwei Richtungen hin verschieden sein: Je größer der Unterschied zwischen Verdichtung und Verdünnung ist, um so heftiger sind die dadurch hervorgebrachten Stöße auf das Trommelfell des Ohres, um so stärker oder intensiver ist der Ton, ohne aber im übrigen seinen Charakter zu ändern. Je schneller die

Schwingungen aufeinander folgen, um so höher erscheint uns der Ton, je langsamer, um so tiefer. Die Tonhöhe beruht also nur auf der Geschwindigkeit der Schwingungen oder, was dasselbe ist, auf der Länge der Schallwellen. Letzteres läßt sich sehr leicht beweisen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles ist für alle Töne die gleiche von ungefähr 300 m in der Sekunde. Wenn das nicht der Fall wäre, so würde man ja von einer entfernten Musik die hohen Töne früher oder später hören als die tiefen, d. h. es wäre ein Musikstück auf größere Entfernungen hin überhaupt nicht mehr als solches zu hören, sondern nur noch als ein Durcheinander von Tönen. Wenn demnach bei gleicher Schallgeschwindigkeit die Vibrationen bei den hohen Tönen schneller verlaufen als bei den tiefen, so müssen die entsprechenden Wellen im gleichen Verhältnisse kürzer sein: bei doppelt so viel Schwingungen ist jede Welle nur halb so groß, und wir kommen damit zu der wichtigen Erkenntnis, daß die Tonhöhe allein von der Länge der Wellen abhängt, die Tonstärke allein von der Kraft der Schwingungen. Die Tonempfindung unseres Ohrs ist nun eine beschränkte. Wellen von etwa 30 m Länge — 10 Schwingungen in der Sekunde — nimmt das Ohr nicht mehr als Ton wahr, sondern nur noch als einzelne Stöße oder Erschütterungen, die dann auch am ganzen Körper empfunden werden. Wellen von 7 bis 8 mm Länge — 40000 Schwingungen in der Sekunde — vermögen ebenfalls keine Schallempfindung mehr hervorzubringen. Zwischen diesen weit auseinander liegenden Extremen liegt das reiche Gebiet der Töne.

Treffen Töne verschiedener Höhe das Ohr gleichzeitig, so kann dies entweder einen angenehmen harmonischen Eindruck machen, oder einen sehr unangenehmen disharmonischen. Das erstere tritt ein, wenn sich die Längen der Wellen wie möglichst kleine Zahlen verhalten, z. B. 1:2 (Oktave), 2:3 (Quinte) oder bei drei Tönen z. B. im großen Dreiklang 4:5:6. Sehr unangenehm klingt die Vereinigung von Tönen, deren Wellenlängen sich wie größere Zahlen verhalten, z. B. 16:17. Kommen schließlich Töne aller möglichen Wellenlängen zusammen, die dabei sich womöglich noch fortwährend ändern, so entstehen unmusikalische, meist sehr unangenehme Schallempfindungen, die man als Geräusch, Knall usw. bezeichnet.

Wie sind nun die entsprechenden Begriffe und Empfindungen beim Lichte?

Wenn die kleinsten Teile eines Körpers, die Moleküle, durch die Wärme in Schwingungen versetzt werden, so teilen sich die letzteren dem alles durchdringenden Äther mit, dessen kleinste Teilchen, die Ätheratome, ebenfalls in Schwingungen geraten, die sich auf weite Strecken hin fortpflanzen und, wenn sie unser Auge treffen, im Gehirn die Empfindung des Lichtes hervorrufen. Diese Schwingungen bestehen aber nun nicht, wie beim Schalle, in abwechselnder Verdichtung oder Verdünnung des Äthers, sondern in einem Hin- und Herschwingen der Ätheratome, senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des Lichtes, genau entsprechend der Bewegung der Wasserteilchen bei den Wasserwellen, und man bezeichnet wie bei diesen je einen Wellenberg mit je einem Wellental als Welle. Je stärker die Schwingungen sind, d. h. je höher der Wellenberg, und je tiefer das Wellental ist, um so intensiver ist die Lichtwirkung auf das Auge, um so heller erscheint uns der lichtaussendende Körper. Der Tonempfindung bei den Schallwellen entspricht nun die Farbenempfindung bei den Lichtwellen. Je schneller die Schwingungen erfolgen, oder was wieder dasselbe ist, je kürzer die Wellen sind, eine um so „höhere" Farbe sehen wir, d. h. um so mehr nähert sich unsere Lichtempfindung dem Violett, je länger die Wellen sind, um so mehr nähert sich die Farbenempfindung dem Rot.

Wie dem Ohre bei den Schallempfindungen sind auch dem Auge bei den Lichtempfindungen Grenzen gesetzt. Lichtwellen oberhalb einer gewissen Länge und unterhalb einer gewissen anderen Länge äußern keine Wirkung mehr auf das Auge. Die Verhältnisse liegen hierbei folgendermaßen. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt für alle Wellenlängen 300000 km in der Sekunde, das ist gerade eine Million mal so schnell als die Fortpflanzung des Schalles. In einem ähnlichen Verhältnisse hat auch die Geschwindigkeit der Vibrationen zugenommen, rotes Licht entsteht durch etwa 430 Billionen Schwingungen, violettes durch etwa 770 Billionen Schwingungen in der Sekunde; die entsprechenden Wellenlängen sind 0,0007 und 0,0004 mm. Diese kaum noch begreiflich kleinen Wellen treffen im Auge auf die Endfasern des Sehnerven, erregen dieselben und erzeugen im Gehirn die Empfindung des Lichtes. Gegen-

über dem großen Intervall, welches beim Ohre zwischen den extremen Schwingungen liegt, ist für das Auge dieses Intervall sehr klein, es umfaßt kaum eine Oktave. Diese Oktave aber schließt alle Farbenempfindungen in sich ein und zwar in der bekannten Reihenfolge der Regenbogenfarben: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett, mit den zahllosen Übergängen zwischen diesen Hauptfarben und ihren Mischungen die enorme Farbenmannigfaltigkeit der Natur erzeugend.

Es dürfte hier eine kurze Zwischenbemerkung gestattet sein. Der Mensch ist nur zu sehr dazu geneigt, die Schönheiten der Natur als etwas reell Vorhandenes, speziell für ihn Geschaffenes zu betrachten, ihm zur Freude. Wie unrichtig ist diese Ansicht! Wir haben eben kennen gelernt, daß es überhaupt keine Farben gibt. Wenn die Oberfläche eines Körpers so beschaffen ist, daß sie z. B. nur Lichtstrahlen von einer großen Wellenlänge reflektieren kann, so erscheint uns der Körper prachtvoll rot gefärbt; aber er ist nicht rot, er erscheint uns nur so, und kann einem anderen Menschen vielleicht einen ganz anderen Eindruck machen. In der Tat gibt es Menschen, auf die der grüne Lichtstrahl denselben Eindruck macht wie der rote; diese sogenannten Farbenblinden haben aber weder die Empfindung von rot noch von grün, sondern beides erscheint ihnen in der gleichen indifferenten grauen Farbe. Die Kunst der Farbenwiedergabe in einem Gemälde ist für sie Verschwendung, sie würden ein Gemälde für völlig naturgetreu halten, in dem das frische Grün der Bäume und das Rot der Ziegeldächer durch die gleiche stumpfe Farbe dargestellt wären. Objektiv Schönes gibt es nicht in der Natur, sondern der Mensch hat sich den gegebenen Formen und Erscheinungen mit seinen Idealen angepaßt, nach ihnen seine Schönheitsgesetze ausgebildet, um sie später, als diesen entsprechend, schön zu finden.

Die jenseits der Empfindungsgrenzen des Auges gelegenen Strahlen können auf andere Weise noch zur Wirksamkeit gebracht werden. Die kürzeren Wellenlängen, die dem sogenannten Ultraviolett angehören, zeichnen sich durch besonders kräftige chemische Wirkungen aus; sie sind diejenigen, welche wesentlich die photographischen Prozesse hervorrufen. Die längeren Wellenlängen, dem Ultrarot angehörig, besitzen vornehmlich Wärmewirkungen; sie können leicht durch die Gefühls-

nerven der Haut oder durch das Thermometer nachgewiesen werden. Geht man in dieser Richtung immer weiter, bis man schließlich zu Wellenlängen gelangt, die in ihren Dimensionen den Schallwellen entsprechen, so betritt man das erst in der jüngsten Zeit aufgedeckte Gebiet der elektro-dynamischen Wellen, durch welches eine vollständige Umwälzung unserer Ansichten über das Wesen der Elektrizität bedingt worden ist.

Wir müssen uns aber hier, immer nur unser Endziel im Auge behaltend, auf das Gebiet der Lichtwellen beschränken, dabei stillschweigend die chemisch wirksamen Strahlen mit berücksichtigend, sobald die betreffenden Resultate mit Hilfe der Photographie gewonnen worden sind.

Sendet ein Körper Strahlen verschiedener Wellenlängen aus, so erhalten wir Mischfarben, entsprechend den Akkorden der Musik, wobei aber der große Unterschied auftritt, daß man nicht allgemein von harmonischen oder disharmonischen Mischungen sprechen kann. Es hängt ganz von den Objekten ab, ob Mischungen schön erscheinen oder nicht. Farben, die in einem türkischen Teppichmuster unser Gefallen erregen oder im Regenbogen uns entzücken, berühren uns häufig unangenehm, wenn sie bei Kleiderstoffen angewendet werden. Je mehr verschiedene Farben gemischt werden, um so einförmiger wird das Resultat, die Mischung nähert sich immer mehr einem reinen lichten Grau, bis schließlich bei der Mischung der Strahlen von allen verschiedenen Wellenlängen das reine Weiß entsteht. Weiß ist also für das Auge annähernd dasselbe, wie das Geräusch oder der Knall für das Ohr.

Wir sind nunmehr genügend vorbereitet, um uns der Spektralanalyse zuwenden zu können, deren Aufgabe sich aus zwei Teilen zusammensetzt: 1. der Kunst, Mischungen von Lichtstrahlen verschiedener Wellenlängen oder Farben in die einzelnen Wellenlängensorten zu zerlegen und dieselben also zur Kenntnis zu bringen, was ja das Auge nicht direkt vermag, und 2. theoretisch zu untersuchen, durch welche physikalischen und chemischen Bedingungen gerade die betreffende Mischung zustande gekommen ist. Es ergibt sich ohne weiteres, daß nach Lösung dieser beiden Aufgaben die Analyse des Lichtes die chemisch-physikalische Untersuchung von lichtaussendenden Körpern gestattet, auch wenn dieselben uns nicht direkt zugänglich sind, also auch von den Himmelskörpern.

Trotz des oben Gesagten kann man nun doch schon ein klein wenig Spektralanalyse mit dem bloßen Auge treiben, allerdings nicht so viel, wie es die Wissenschaft erfordert. Erscheint uns ein Objekt weiß, so wissen wir, daß es Licht von ungefähr allen Wellenlängen aussendet; ob aber nicht doch einzelne derselben fehlen oder andere in verstärktem Maße dabei sind, das können wir nicht mehr sehen. Erscheint uns ein Objekt z. B. rötlich, so wissen wir, daß in seinem Lichte die roten oder langwelligen Strahlen vorherrschen; aber wir können nicht sagen, ob dies daher kommt, daß die roten Strahlen besonders kräftig gegenüber allen anderen sind, oder ob vielleicht die blauen und violetten Strahlen ganz fehlen, und nur daher das Rot so hervortritt. Um derartig feinere Unterschiede wahrnehmen zu können, muß das Auge die verschiedenen Strahlen nicht zusammen, sondern nebeneinander haben, die ursprünglich zusammenfallenden Strahlen müssen also räumlich voneinander getrennt werden. Das kann nach verschiedenen Methoden erfolgen, die aber zum Teil ohne exakte mathematische Behandlung nicht klarzulegen sind. Wir wollen uns hier auf die einfachste und dabei auch gebräuchlichste Methode beschränken, auf die Zerlegung der Strahlen durch ein Prisma, die wir ja alle von Kindheit auf kennen. Wenn wir als Kinder ein Glasprisma, wie sie sich an den Kronleuchtern befinden, vor die Augen hielten und nun alle Gegenstände mit prachtvoll gefärbten Rändern erblickten, oder wenn wir jetzt nach dem Regenbogen schauen, dann befaßten oder befassen wir uns unbewußt mit den Anfangsgründen der Spektralanalyse, dann hatten wir bereits ein Spektroskop in seiner einfachsten Form zur Verfügung im Glasprisma oder in den kugelförmigen Regentropfen.

Die Strahlen der verschiedenen Wellenlängen haben nicht bloß eine verschiedene Wirkung auf das Auge, sondern sie verhalten sich auch physikalisch verschieden, sie bewegen sich, sobald sie in einen durchsichtigen Körper (Glas, Wasser, Diamant ꝛc.) eintreten, in verschiedener Weise, ihre bei Eintritt oder Austritt stattfindende Ablenkung ist um einen gewissen kleinen Winkelbetrag verschieden. Am einfachsten kann man diese Verhältnisse bei Verwendung eines dreiseitigen Prismas erkennen. In der nebenstehenden Fig. 7 sei P das Glasprisma. S sei ein Strahl weißen Lichtes, der in der Pfeilrichtung auf das

Prisma trifft. Das in dem weißen Strahl enthaltene rote Licht wird am geringsten abgelenkt und verläßt das Prisma in der Richtung R, das grüne Licht wird etwas stärker abgelenkt und geht in der Richtung Gr weiter, das Violett erleidet die stärkste Ablenkung nach der Richtung V hin. Dazwischen sind die übrigen Farben in der Reihenfolge der Regenbogenfarben verteilt. Hätte man nun das Auge in die Richtung des Strahles S vor dem Prisma gebracht, so würde man nur weißes Licht gesehen haben, verschiebt man es jetzt hinter dem Prisma von oben nach unten, so ist es klar, daß man nacheinander die „Spektralfarben" Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett sehen würde. Das Prisma zerlegt also das weiße Licht tatsächlich in die einzelnen Farben, und damit ist die als erste angeführte Aufgabe der Spektralanalyse gelöst.

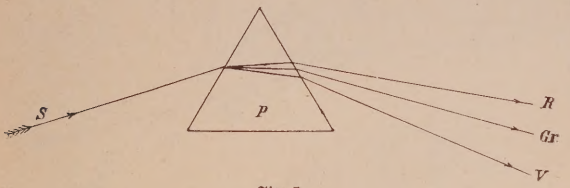


Fig. 7.

Das einfache Prisma ist aber im allgemeinen nicht zu wissenschaftlichen Untersuchungen geeignet, denn man hat für gewöhnlich nicht einen einfachen Lichtstrahl wie bei S zur Verfügung. Ein Spektroskop muß so eingerichtet sein, daß es selbst von jedem beliebigen Lichte einen solchen Strahl sich herstellt. Man erreicht dies am besten durch die folgende Einrichtung, die schematisch durch die Fig. 8 dargestellt ist.

Das zu untersuchende Licht falle auf einen Schirm, der bei S eine sehr feine spaltförmige Öffnung besitzt. Durch dieselbe dringt also nur ein sehr dünnes Lichtbündel hindurch, welches von einer Linse C (Collimatorlinse) aufgefangen wird. Die Linse ist so weit vom Spalt entfernt, daß ihr Brennpunkt gerade im Spalt liegt, dann ist das heraustretende Licht parallel und würde, wenn wir uns zunächst das Prisma fortdenken, weitergehen, wie die punktierten Linien andeuten. Würden wir in diesen Strahlengang nunmehr eine Linse L einschalten,

so würde dieselbe bei B wieder ein Bild des Spaltes erzeugen, welches man entweder auf einem Schirm auffangen oder durch eine Lupe direkt betrachten könnte. Man erhielte in B eine helle weiße Linie, die dem Spalt S genau ähnlich wäre. Schaltet man aber nun das Prisma P in den Strahlengang ein, so erfolgt genau dasselbe, was wir bereits oben in Fig. 7 kennen gelernt haben; die Strahlen werden abgelenkt und zwar die roten am wenigsten, die violetten am stärksten. Setzen wir nun die Linse L_1 hinter das Prisma in den Gang der abgelenkten Strahlen ein, so wird diese Linse ein Bild des Spaltes erzeugen, gerade so wie die Linse L; aber wegen der verschiedenen Ablenkung der Strahlen der verschiedenen Wellenlängen oder Farben, fallen die den verschiedenen Farben ent-

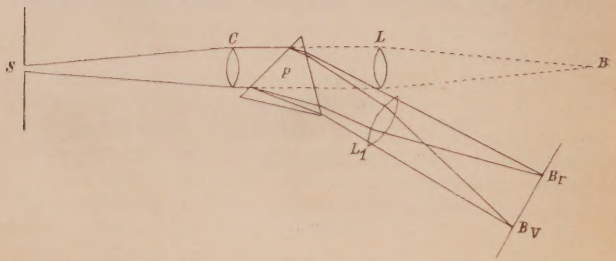


Fig. 8.

sprechenden Spaltbilder nicht mehr aufeinander, sondern nebeneinander. Bei Br wird das vom äußersten Rot kommende Spaltbild liegen, bei Bv das vom äußersten Violett, dazwischen alle übrigen. Entsprechend den unzähligen Farbenabstufungen werden sich auch unzählige Spaltbilder bilden, die alle unmittelbar aneinander anschließen und in ihrer Gesamtheit ein Band bilden, in welchen sich die Spektralfarben in der bekannten Reihe folgen und welches Band man ein Spektrum nennt.

Des besseren Verständnisses halber sei das eben Gesagte noch einmal in Fig. 9 a direkt dargestellt. Ohne Prisma wird das Spektroskop das links in der Figur gelegene weiße Spaltbild geben, mit Prisma das rechts gelegene Spektralband in den beigeschriebenen Farben leuchtend. Es sei noch bemerkt,

daß man ein solches Spektrum, welches aus dem reinen weißen Lichte entsteht und also sämtliche Farben enthält, ein kontinuierliches nennt.

Die Fig. 10 gibt ein anschauliches Bild von der Konstruktion eines größeren, zum Messen bestimmten Spektralapparates, dessen Prinzip in Fig. 8 so einfach darstellbar war.

Was wird nun geschehen, wenn man auf den Spalt des Spektroskops kein weißes Licht fallen läßt, sondern einen „Lichtakkord", eine Mischung von nur wenigen verschiedenen Strahlungsarten, z. B. von einer orangen, einer grünen, zwei blauen und einer violetten? Diese Frage ist sehr einfach zu beantworten. Die Linse L_1 in Fig. 8 wird von jedem der

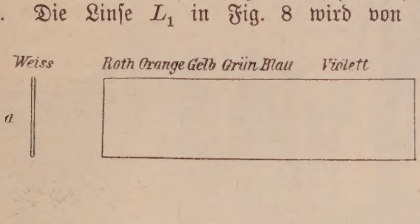


Fig. 9.

genannten Strahlen ein Spaltbild erzeugen und zwar natürlich genau an den Stellen, die im kontinuierlichen Spektrum den betreffenden Farben entsprechen. Da die übrigen Strahlungsarten nicht vorhanden sind, kann von ihnen auch kein Bild erzeugt werden, es kann also kein kontinuierliches Spektralband entstehen, sondern in unserem Beispiele nur fünf isoliert voneinander stehende Spaltbilder, und zwar ein orange gefärbtes, ein grünes, zwei blaue und ein violettes, so wie Fig. 9 b zeigt; das Spektrum des untersuchten Lichtes besteht also aus fünf hellen Linien, und es ist klar, welchen außerordentlichen Dienst das Spektroskop geleistet hat: dem ursprünglichen Lichte würde niemand haben ansehen können, daß es gerade aus diesen fünf Lichtarten bestanden hat. Würden wir ein von einem anderen Objekte herkommendes ganz ähnlich gefärbtes

Licht untersuchen, welches aber im Spektroskope etwa bloß drei oder vielleicht viel mehr, z. B. 20 helle Linien zeigt, so würden wir mit Bestimmtheit sagen können, daß die beiden Lichtarten sehr verschieden wären, die lichtaussendenden Objekte also auch. Würden wir umgekehrt von einem dritten Objekte wiederum dieselben fünf Linien im Spektroskope sehen, so müßten wir folgern, daß das erste und dritte Objekt, obgleich sie vielleicht sehr verschieden gestaltet sein könnten,

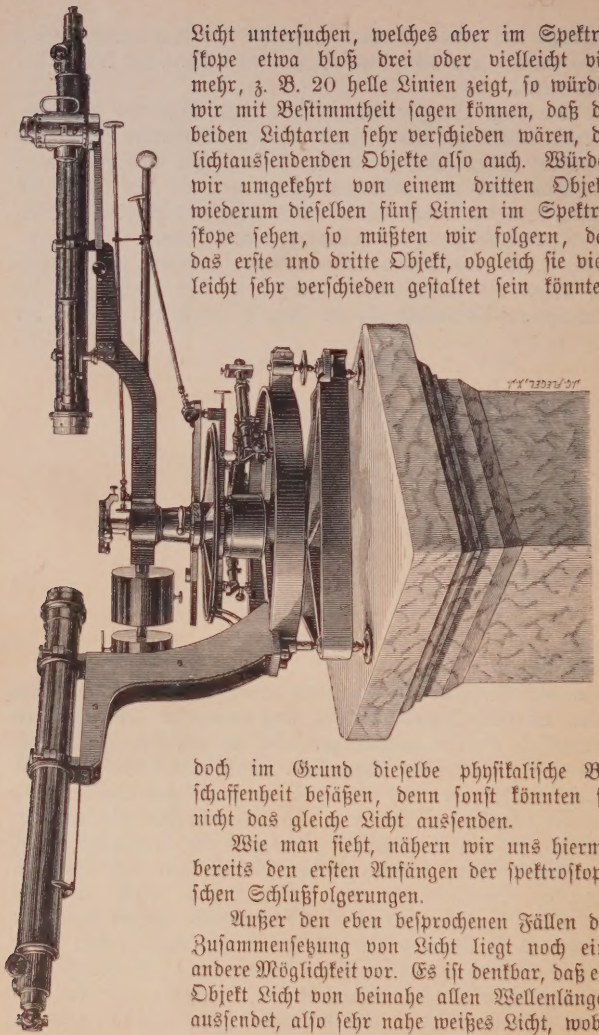


Fig. 10.

doch im Grund dieselbe physikalische Beschaffenheit besäßen, denn sonst könnten sie nicht das gleiche Licht aussenden.

Wie man sieht, nähern wir uns hiermit bereits den ersten Anfängen der spektroskopischen Schlußfolgerungen.

Außer den eben besprochenen Fällen der Zusammensetzung von Licht liegt noch eine andere Möglichkeit vor. Es ist denkbar, daß ein Objekt Licht von beinahe allen Wellenlängen aussendet, also sehr nahe weißes Licht, wobei

aber doch einige bestimmte Wellenlängen fehlen können — also genau der umgekehrte Fall wie der bisher besprochene. — Ein so zusammengesetztes Licht wird natürlich im allgemeinen ein kontinuierliches Spektrum geben, nur müssen an den Stellen, die den fehlenden Wellenlängen entsprechen, Lücken vorhanden sein, die betreffenden Spaltbilder müssen fehlen. Mangelndes Licht ist aber Dunkelheit, in dem hellen Spektrum müssen also dunkle Spaltbilder, d. h. isolierte dunkle oder schwarze Linien vorhanden sein. Die Auseinanderziehung des Lichtes im Spektroskope in die einzelnen Farben lehrte im ersten Beispiele, welche besonderen Wellenlängen das Leuchten eines Objektes bedingten, in diesem Falle zeigt sie umgekehrt, welche Wellenlängen gerade bei dem Leuchten eines bestimmten Objektes nicht mitwirken.

Wir haben hiermit drei verschiedene Arten von Spektren kennen gelernt: 1. rein kontinuierliche Spektra, 2. Spektra bestehend aus einzelnen isolierten hellen Linien, 3. kontinuierliche Spektra mit dunklen Linien. Außer diesen drei Arten und ihren Kombinationen miteinander können andere Spektra nicht vorkommen, und wir müssen uns nun der Beantwortung der zweiten Frage zuwenden, die wir jetzt folgendermaßen formulieren wollen: Durch welche chemisch-physikalischen Prozesse entstehen diese drei Arten von Spektren und wie hängen sie miteinander zusammen?

Bekanntlich können alle chemischen Elemente und auch viele ihrer Verbindungen in drei sogenannten Aggregatzuständen vorkommen, dem festen, dem flüssigen und dem dampfförmigen. Der Hauptfaktor, der den Aggregatzustand bedingt, ist die Temperatur, in dem Sinne, daß die meisten Stoffe mit steigender Temperatur die drei Aggregatzustände in der eben angegebenen Reihenfolge passieren. Das einfachste und bekannteste Beispiel hierfür bietet das Wasser. Bei einer Temperatur von unterhalb 0^0 ist es als Eis ein fester Körper, zwischen 0^0 und 100^0 ist es als Wasser flüssig, oberhalb 100^0 ist es im allgemeinen als Wasserdampf gasförmig. — Wohlbemerkt gilt dies nur für den normalen Luftdruck an der Erdoberfläche, mit wechselndem Luftdruck ändern sich auch diese Zahlen; es genügt aber, vorläufig nur den Temperatureinfluß zu berücksichtigen. — Wird nun die Temperatur immer mehr und mehr gesteigert, so bleibt zwar der Wasserdampf immer gasförmig; aber bei einer gewissen hohen Temperatur hört er plötzlich

auf, Wasserdampf zu sein; er zerfällt in seine chemischen Elemente, in Wasserstoff und Sauerstoff, die dann trotz ihrer großen chemischen Verwandtschaft nebeneinander in Mischung bleiben. Dieser Zerfall in die Grundstoffe tritt bei allen chemischen Verbindungen endlich ein, und man kann annehmen, daß oberhalb einer Temperatur von etwa 5000^0 überhaupt keine chemischen Verbindungen mehr existieren können.

Die inneren Zustände eines Körpers je nach seinem Aggregatzustande sind nun von ganz wesentlicher Bedeutung für die Theorie der Spektralanalyse. Im festen Zustande müssen die kleinsten Teile des Körpers, die Moleküle, infolge ihrer gegenseitigen Anziehung in einem recht festen Zusammenhange miteinander stehen, sonst wäre ja die Festigkeit der Körper, die sich in ihrem passiven Widerstande gegen Lagenveränderungen durch äußere Eingriffe dokumentiert, gar nicht möglich. Dabei sind sie aber keineswegs starr miteinander verbunden, wie das Glühen der festen Körper lehrt, welches ja in weiter nichts als einer schwingenden Bewegung der Moleküle besteht, die sich auf die Ätheratome überträgt.

Im flüssigen Aggregatzustande ist der innige Zusammenhang der Moleküle bereits wesentlich gelockert; sie hängen noch eben zusammen, aber so wenig, daß sie den geringsten äußeren Eingriffen gegenüber sofort ausweichen, daher hat ein flüssiger Körper keine bestimmte äußere Gestalt. Zuweilen vollzieht sich der Übergang vom festen in den flüssigen Zustand mit steigender Temperatur so allmählich, daß eine bestimmte Grenze zwischen beiden gar nicht mehr angegeben werden kann, ein charakteristisches Beispiel hierfür bietet das gewöhnliche Bienenwachs.

Im gasförmigen Zustande endlich hat die Verbindung zwischen den einzelnen Molekülen gänzlich aufgehört; sie sind nunmehr weit voneinander entfernt, wie der Umstand lehrt, daß im gasförmigen Zustande ein Körper außerordentlich viel mehr Raum einnimmt als im festen oder flüssigen. Die Moleküle bewegen sich mit großer Geschwindigkeit in geraden Richtungen, bis sie aufeinanderstoßen oder gegen die Wand eines Gefäßes prallen. Je höher die Temperatur wird, um so heftiger werden ihre Bewegungen, um so stärker ihr Anprall an die Gefäßwände, was sich als der allgemeine Gasdruck äußert, der gewaltige Beträge annehmen kann, wie z. B. im Dampfkessel oder gar im Momente des Schusses in einer Kanone.

Wir wollen nun untersuchen, wie sich diese Verschiedenheiten der Aggregatzustände in dem Lichte der leuchtenden (glühenden) Körper äußern werden.

Ein Gegenstand, der nicht frei schwingen kann, z. B. eine fest aufgeschraubte Tischplatte, kann, wenn er durch einen Stoß in Schwingungen versetzt wird, nicht eine bestimmte Schwingung ausführen, seine verschiedenen Teile werden in ganz regelloser Weise allen möglichen Schwingungen unterworfen sein. Es resultiert dabei also kein Ton von irgend einer bestimmten Höhe, sondern alle möglichen Töne erklingen gleichzeitig, es erfolgt ein Geräusch. Genau Entsprechendes tritt bei der Erzeugung von Licht bei festen Körpern ein. Die Moleküle schwingen, aber sie stören sich fortwährend gegenseitig, so daß alle möglichen Schwingungsarten und damit Lichtstrahlen von allen möglichen Wellenlängen entstehen: das weiße Licht. Im Spektroskope wird dasselbe in das kontinuierliche Spektrum zerlegt, daher der Satz: Das Spektrum glühender *fester* Körper ist ein kontinuierliches. Da alle festen Körper sich so verhalten, so geben sie auch alle kontinuierliche Spektra, die sich kaum merklich voneinander unterscheiden, gleichgültig, ob der glühende Körper von Stein oder Metall, ob von Eisen oder Gold ist. Beim flüssigen Aggregatzustande ist ebenfalls der Zusammenhang der Moleküle ein noch zu großer, als daß sie frei schwingen könnten, auch die flüssigen Körper geben alle ein kontinuierliches Spektrum. Als ersten Satz der Spektralanalyse können wir daher folgenden aufstellen:

1. Gibt ein leuchtender Körper im Spektroskope ein kontinuierliches Spektrum, so rührt das Licht von einem glühenden festen oder flüssigen Körper her; aus welchen chemischen Elementen der Körper besteht, läßt sich nicht erkennen.

Wir werden gleich kennen lernen, daß dieser Satz noch einer gewissen Einschränkung bedarf, die aber, wie es scheint, für die Anwendung der Spektralanalyse auf die Himmelskörper nicht von Bedeutung ist.

Ganz anders wird sich nun ein glühendes Gas verhalten, dessen Moleküle ganz frei von gegenseitiger Störung schwingen können. Sie werden ganz bestimmte Schwingungen ausführen, immer von der gleichen Zeitdauer, wie das frei schwingende Pendel einer Uhr oder wie eine Stimmgabel, und wie bei

letzterer immer ein und derselbe Ton resultiert, werden beim leuchtenden Gase auch immer Lichtstrahlen von derselben Wellenlänge oder Farbe entstehen. Wie von den Dimensionen der Stimmgabel die Höhe des Tons abhängt, so wird hier die Wellenlänge von den physikalischen Eigenschaften der Moleküle abhängen, d. h. die verschiedenen Elemente werden im Gegensatze zum Verhalten im festen oder flüssigen Zustande im gasförmigen Zustande Licht von verschiedenen Wellenlängen aussenden.

Im allgemeinen senden nun die elastischen Körper, wenn sie tönen, keineswegs wie die Stimmgabel, nur einen Ton aus, sondern manchmal eine ganze Reihe von Tönen, von denen allerdings einer immer vorherrscht. Von dem Mitklingen der anderen Töne hängt die Klangfarbe ab, dadurch können die Töne von sonst gleicher Höhe bei den verschiedenen Musikinstrumenten unterschieden werden. So kann jeder unmittelbar erkennen, ob ein Ton von einer Glocke, oder einem Horn, oder einer Harfe usw. erzeugt ist. Etwas ähnliches finden wir auch bei der Lichtaussendung der glühenden Gase; auch hierbei vermögen die Moleküle meist mehrere Schwingungen auszuführen, unter Umständen sogar sehr viele, wie z. B. beim Eisendampfe, der mehrere Tausende von verschiedenen Schwingungen gleichzeitig aussendet.

Wie sich ein solches Licht nun im Spektroskope verhält, ist nach der Betrachtung auf Seite 47 vollständig klar. Jede verschiedene Schwingung erzeugt im Spektroskope ein besonderes Spaltbild oder helle Linie, deren Farbe von der Wellenlänge der betreffenden Schwingung abhängt. Das Spektrum wird also aus isolierten hellen Linien bestehen, wie Fig. 9b zeigt. Wie nun das Ohr aus der Klangfarbe das tönende Instrument erkennen kann, so kann das Auge im Linienspektrum die Art des leuchtenden Gases erkennen. Zahl und Stellung der Linien sind charakteristisch für jedes einzelne chemische Element und für seine Verbindungen. Wir kommen hiermit zum zweiten Satze der Spektralanalyse:

2. Gibt ein leuchtender Körper im Spektroskope ein Spektrum, welches aus isolierten hellen Linien besteht, so befindet sich der leuchtende Körper im gasförmigen Aggregatzustande. Die chemische Natur der Gase läßt sich aus der Zahl und der Stellung der Linien im Spektrum mit völliger Sicherheit erkennen.

Der Weg zum dritten Satze der Spektralanalyse ist nun ein etwas schwierigerer, doch werden wir ihn mit Hilfe der entsprechenden Vorkommnisse bei Schallschwingungen überwinden können.

Körper, die nur in einer bestimmten Weise schwingen können, wie z. B. Stimmgabeln, können zum Schwingen resp. Tönen gebracht werden auch ohne eine direkte mechanische Einwirkung durch Schlag oder Streichen mit einem Bogen, nämlich durch Tonschwingungen selbst. Diese Erregung des Tönens beruht auf dem Prinzipe der Resonanz, welches folgendermaßen klargelegt werden kann. Denken wir uns als Beispiel eine Stimmgabel, die genau 400 Schwingungen in der Sekunde ausführen kann, die sich aber zunächst in Ruhe befindet. Es mögen nun Tonwellen zu dieser Stimmgabel gelangen, die genau 500 Schwingungen in der Sekunde besitzen. Die erste dieser Schwingungen wird auf die Stimmgabel wie ein leichter Stoß wirken, so daß sie in die ihr allein möglichen Schwingungen von 400 in der Sekunde versetzt wird. Bei der ersten Schwingung wird natürlich die Stimmgabel in der Richtung des ersten Schallstoßes ausgewichen sein, ebenso wird die fünfte ankommende Schallwelle in der Stoßrichtung wieder mit der vierten Schwingung der Stimmgabel zusammentreffen; dazwischen aber findet ein genaues Zusammentreffen natürlich nicht statt, ja in der Mitte, also bei $2^1/_2$ Schwingungen, wird die Stoßrichtung der ankommenden Welle gerade derjenigen der Stimmgabel entgegengesetzt gerichtet sein, so daß sie sich genau aufheben. Die Stimmgabel kann also durch diese Schallwellen gar nicht in dauernde Schwingungen versetzt werden. Ganz anders aber ist die Sachlage, wenn der ankommende Ton auch genau 400 Schwingungen in der Sekunde ausführt, oder mit anderen Worten, wenn ein Ton die Stimmgabel erreicht, der ihrem eigenen Tone genau entspricht. Dann treffen die Stoßrichtungen stets zusammen, jeder neue Wellenstoß verstärkt die Wirkung des vorhergehenden: die Stimmgabel wird in kräftige Schwingungen geraten. Diese Erfahrung wird jeder Klavierspieler schon häufig zu seinem Ärger gemacht haben. Sobald irgend ein Teil am Klavier sich gelockert hat, z. B. ein Kerzenleuchter, oder wenn eine Fensterscheibe in ihrer Fassung lose sitzt, rasseln diese Gegenstände in unleidlicher Weise beim Spielen mit; aber, wie man sich leicht überzeugen kann, nicht

beständig, sondern nur bei einem bestimmten Tone; das ist dann stets der Ton, der der Eigenschwingung der Fensterscheibe oder des Kerzenleuchters entspricht.

Da nun zur Erregung von Schwingungen eine gewisse Kraft erforderlich ist, die in diesem Falle aus den ankommenden Tonschwingungen genommen wird, so büßen diese letzteren natürlich an Kraft ein, d. h. der die Schwingungen erzeugende Ton wird schwächer. Auch dieser für unsere Betrachtungen so überaus wichtige Punkt läßt sich experimentell nachweisen.

Man denke sich zwei Räume durch eine unelastische Wand, z. B. eine dicke Filzwand, getrennt, so daß Töne, die in dem einen Raume erzeugt werden, in dem andern nicht gehört werden können. In dieser Wand befinde sich eine Öffnung, die zum größten Teile durch eine dünne elastische Metallzunge geschlossen ist, etwa nach Art der Zungen bei einer Harmonika. Befindet man sich in der Nähe dieser Öffnung, so wird man die Töne im Nebenraume ganz gut hören. Sobald aber der Ton angeschlagen wird, der der Metallzunge entspricht, wird letztere sichtbar in Schwingungen geraten und gleichzeitig wird der betreffende Ton merklich geschwächt, eventuell sogar unhörbar, und in der Reihe der Töne wird daher gerade dieser Ton fehlen, er ist gleichsam absorbiert. Würde man in der Öffnung mehrere Zungen von verschiedener Tonhöhe anbringen, so würden gerade die entsprechenden Töne in der Tonreihe fehlen.

Dieses akustische Experiment läßt sich nun ohne weiteres auf die Lichtwellen übertragen. Der Reihe der Töne entspricht das kontinuierliche Spektrum, herrührend von irgend einem glühenden festen oder flüssigen Körper. Der Stimmgabel oder den Metallzungen entspricht ein glühendes Gas, von dem wir ja kennen gelernt haben, daß es nur einzelne bestimmte Lichtschwingungen aussendet, die im Spektroskope die hellen Linien erzeugen. Das obige Experiment entspricht also der folgenden Anordnung: das von einem glühenden festen Körper ausgesandte weiße Licht wird durch ein glühendes Gas geschickt und alsdann im Spektroskope untersucht. Die meisten Lichtstrahlen der verschiedenen Schwingungsdauer werden das Gas ungehindert passieren und ein kontinuierliches Spektrum erzeugen; aber gerade die Lichtstrahlen, deren Schwingungen den Eigenschwingungen des Gases entsprechen, werden letztere an-

regen, dabei selbst aber an ihrer Stärke Einbuße erleiden oder sogar gänzlich ausgelöscht werden, mithin im Spektrum fehlen. Wo aber Licht fehlt, ist Dunkelheit, die fehlenden Stellen im Spektrum erscheinen daher als dunkle Linien, die nun genau an der Stelle sich befinden, an denen helle Linien aufgetreten wären, wenn das Licht des glühenden Gases allein ins Spektroskop gelangt wäre.

Ganz so einfach, wie bis jetzt dargestellt, liegen die Verhältnisse aber doch nicht, weil ja das glühende Gas selbst Schwingungen aussendet, die wir bisher unberücksichtigt gelassen haben. Wir müssen deshalb noch einmal zu dem akustischen Experiment zurückkehren und dasselbe noch etwas modifizieren. Zu diesem Zwecke wollen wir uns vorstellen, es sei auf irgend einem Wege erreicht, z. B. durch beständiges Anblasen, daß die Metallzungen bereits Schwingungen ausführten, also tönten, auch ohne daß sie durch die Tonwellen erregt werden. Es würde dann folgendes eintreten. Die betreffenden Töne werden jetzt ständig schwach gehört; so lange aber diese Töne schwächer sind, als die aus dem Nebenraum herausdringenden, werden letztere durch Abgabe ihrer Kraft noch merklich geschwächt werden gegenüber den anderen Tönen. Sollten aber die Schwingungen der Metallzungen schon so stark sein, daß die dadurch erzeugten Töne überhaupt kräftiger sind, als die aus dem Nebenraum kommenden, dann wird man sie natürlich auch stets stärker hören, als die anderen, das Experiment ist also in diesem Falle überhaupt nicht zu machen.

Genau das Entsprechende findet nun wieder beim Lichte statt, und läßt sich hierbei sogar noch viel präziser ausdrücken, da die Stärke der Lichtschwingungen, wie wir gesehen haben, allein von der Höhe der Temperatur abhängt. Das Experiment mit den dunklen Linien gelingt also nur so lange, als die Eigenschwingungen des glühenden Gases schwächer sind als die des durchgehenden Lichtes, oder mit anderen Worten, so lange die Temperatur des Gases niedriger ist, als diejenige des glühenden festen Körpers. Wird die Temperatur des Gases höher, so geht seine Lichtaussendung selbständig vor sich, im Spektroskope erblickt man daher ein kontinuierliches Spektrum mit hellen isolierten Linien. Es ist klar, daß bei genau gleicher Temperatur im Gas und festen Körper weder dunkle noch helle Linien auftreten können, das kontinuierliche Spektrum

ist dann allein sichtbar und von dem Gas ist überhaupt nichts zu merken. Wir sind damit zum dritten Satze der Spektralanalyse gelangt:

3. Gibt ein leuchtendes Objekt ein kontinuierliches Spektrum mit dunklen Linien, so besteht dasselbe aus einem glühenden festen oder flüssigen Körper, der mit einer Gashülle von niedrigerer Temperatur umgeben ist. Die Natur des Gases ist genau wie bei Satz 2 zu ermitteln. — Ein kontinuierliches Spektrum mit hellen Linien deutet auf die gleiche Konstitution, nur ist dann die Temperatur der Gashülle höher als die des festen Körpers.

— Ich kann mir nicht versagen, an dieser Stelle eine Bemerkung einzuschalten, die allerdings wohl den meisten Lesern unverständlich bleiben wird, da zu ihrem Verständnis beträchtliche physikalische Kenntnisse notwendig sind. Die drei Sätze, welche soeben aufgestellt sind, lassen sich bei wissenschaftlicher Behandlung der Spektralanalyse in einen einzigen kurzen Satz zusammenfassen, der allerdings scheinbar gar keine Ähnlichkeit mit den drei Sätzen hat: „Für jede Strahlengattung ist das Verhältnis zwischen dem Emissionsvermögen und Absorptionsvermögen für alle Körper bei derselben Temperatur das gleiche." Durch diesen von Kirchhoff zuerst aufgestellten und mit außerordentlichem Scharfsinne bewiesenen Satz ist überhaupt erst die Spektralanalyse begründet worden. Das in dem Satze erwähnte konstante Verhältnis bei der gleichen Temperatur und Wellenlänge ist das Emissionsvermögen (Leuchtfähigkeit) eines sogenannten absolut schwarzen Körpers, d. h. eines Körpers, wie er in der Natur nicht direkt vorkommt, der nämlich alles Licht, welches auf ihn fällt, vollständig absorbiert. Unser schwärzester Körper, der Ruß, ist noch immer ziemlich weit von diesem idealen Zustande entfernt. Die Veränderungen dieses Verhältnisses mit der Temperatur und der Wellenlänge waren bis vor kurzem nur annähernd bekannt. In den letzten Jahren ist es aber dem innigen Zusammenwirken der theoretischen und der experimentellen Physik gelungen, den streng mathematischen Ausdruck hierfür, für die sogenannte Kirchhoffsche Funktion, zu finden. Es ist damit ermöglicht worden, eine ganze Reihe der wichtigsten Fragen aus dem Gebiete der Spektralanalyse und der Strahlungslehre zu lösen und es ist damit wieder ein weites Feld für zukünftige Forschung eröffnet worden. —

Mit Hilfe der drei spektralanalytischen Sätze lassen sich nun die Hauptaufgaben der Spektralanalyse lösen: die Trennung des gasförmigen Aggregatzustandes von den beiden anderen und die Erkennung der chemischen Elemente oder Verbindungen, sofern sie sich im glühenden gasförmigen Zustande befinden. Es kann noch ein vierter Satz aufgestellt werden, der weiteren wichtigen Aufschluß über den physikalischen Zustand eines glühenden Gases gewährt.

Es war vorhin der Einfachheit halber gesagt worden, daß eine Stimmgabel oder eine Metallzunge nur dann zum Mitschwingen oder zur Resonanz veranlaßt werden kann, wenn der erregende Ton ganz genau die gleiche Schwingungszahl besitzt wie die Stimmgabel. Man wird leicht einsehen, daß dies nicht ganz streng richtig ist, daß vielmehr auch schon merkliche Schwingungen erregt werden, wenn die erregenden Schwingungen nur sehr nahe von gleicher Dauer sind, wenn z. B. in dem obigen Beispiele der ankommende Ton 401 Schwingungen in der Sekunde besäße. Es würden ja dann bis zu etwa 100 Schwingungen noch Verstärkungen stattfinden, und erst nach 200 Schwingungen würde die Gegenwirkung beginnen. Ja es findet direkt eine Beeinflussung der Schwingungsdauer der Stimmgabel statt, sie macht alsdann auch 401 Schwingungen statt 400 in der Sekunde, und das um so eher, je stärker die erregenden Schwingungen sind.

Auch hier zeigt sich wieder ähnliches bei den Lichtwellen. Wenn die Schwingungen nicht heftig sind, also bei verhältnismäßig niedriger Temperatur, und wenn die glühenden Gase recht dünn sind, dann senden sie tatsächlich nur Licht von einzelnen ganz bestimmten Wellenlängen aus, die Linien im Spektrum sind absolut scharf. Werden aber infolge von Temperaturerhöhungen die Schwingungen heftiger, oder wird der Druck des Gases verstärkt, so werden auch die zunächst liegenden Schwingungen mit erregt, und dies greift immer weiter, je mehr die erwähnten Faktoren verstärkt werden. Wenn die benachbarten Schwingungen hervorgerufen werden, so kann sich das im Spektroskope nur darin äußern, daß es auch unmittelbar neben den hellen Linien hell zu werden beginnt, d. h. die Linien werden breiter, und da die Wirkung natürlich geringer für die weiter abliegenden Schwingungen oder Wellenlängen ist, als für die unmittelbar benachbarten, so ist das Leuchten

daselbst geringer als bei den letzteren, d. h. die Linien werden gleichzeitig auch verwaschen. Besonders durch stärkere Zusammendrückung der Gase läßt sich die Erscheinung schließlich so weit treiben, daß die einzelnen Linien ineinander fließen, so daß schließlich auch von einem Gase ein kontinuierliches Spektrum entstehen kann. Das ist auch durchaus plausibel, da ja bei stärkerem Drucke die Gasmoleküle immer näher zusammengedrängt werden, sich also in ihren Bewegungen gegenseitig immer mehr behindern, bis schließlich im Gase ein ähnlicher Zustand herrscht wie in einem festen oder flüssigen Körper.

Die gleiche verbreiternde Wirkung auf die Spektrallinien wie Temperatur- und Druckerhöhung hat auch bei gleichbleibendem Druck eine Vermehrung der Gasschichtendicke. Der Grund hierfür läßt sich ohne mathematische Behandlung aber nicht ableiten, auch fehlt hier das Analogon bei den Schallwellen.

Aus dem zweiten und dritten Satze hatten wir erkannt, daß zwischen der Lichtaussendung (Emission) und der Lichtabsorption in Gasen genau das umgekehrte Verhältnis stattfindet, woraus ja die Identität von hellen und dunklen Linien resultierte. Das gleiche findet auch für die vorstehenden Betrachtungen statt; sind die Verhältnisse in einem glühenden Gase so, daß es im Emissionsspektrum helle, breite und verwaschene Linien gibt, so werden auch, wenn weißes Licht von einem heißeren Körper durch dieses Gas hindurchgeht, die entstehenden schwarzen Linien breit und verwaschen, und wir können nunmehr den vierten Satz der Spektralanalyse formulieren:

4. Sind in einem Spektrum die hellen oder die dunklen Linien breit und verwaschen, so folgt hieraus, daß das betreffende Gas entweder sich in sehr hoher Temperatur befindet, oder daß es unter starkem Drucke steht, oder daß es in einer ungewöhnlich dicken Schicht vorkommt, oder schließlich, daß mehrere dieser Ursachen gleichzeitig vorliegen.

Es wird von diesen Sätzen in den folgenden Kapiteln ausgiebiger Gebrauch gemacht werden; sie stellen die Gesamtlehre der Spektralanalyse dar, sofern letztere zur Ermittelung des chemisch-physikalischen Zustandes der Himmelskörper verwendet werden soll.

Die Forschungen der letzten Jahrzehnte haben gelehrt, daß die Anwendung der Spektralanalyse keineswegs auf das chemisch-physikalische Gebiet beschränkt ist, sondern auch auf das mechanische Gebiet, auf die Bewegungen der Himmelskörper, ausgedehnt werden kann, und zwar mit einem Erfolge, der zu ganz neuen Anschauungen über den inneren Bau des Weltalls geführt hat.

Auch hierbei wollen wir zunächst die Schallphänomene zu Hilfe nehmen, die sich sehr leicht beobachten lassen, sobald man erst einmal darauf aufmerksam gemacht ist.

Wenn man im Eisenbahnzuge einen Bahnhof durchfährt, während gerade das Läutewerk des Bahntelegraphen in Tätigkeit ist, bemerkt man im Moment des Vorbeifahrens an demselben, daß der Ton der Glocken in sehr mißklingender Weise plötzlich heruntergeht. Dieselbe Erfahrung kann man machen, wenn man neben der Bahn steht und eine Lokomotive pfeifend vorbeifährt; auch hierbei geht im Momente des Vorbeipassierens der Ton der Pfeife merklich herunter. Ja selbst beim Vorbeifahren eines in gutem Tempo befindlichen Radfahrers, der gerade klingelt, läßt sich das Herabgehen des Klingeltons deutlich erkennen. Die Erklärung dieser Erscheinung ist nicht schwierig.

Denken wir uns in einer Entfernung von 300 m von einer Tonquelle befindlich, die in der Sekunde genau 400 Schwingungen geben soll. Der Ton braucht zur Zurücklegung dieser Strecke genau 1 Sekunde. Bewegen wir uns nun mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit, z. B. 30 m in der Sekunde (Schnellzugsgeschwindigkeit), auf die Tonquelle zu, so kommen wir den ankommenden Tonwellen entgegen, sie bewegen sich also relativ zu uns schneller als zu ruhenden Körpern, und zwar in diesem Beispiele um $^1/_{10}$ der ursprünglichen Geschwindigkeit. Während der Bewegung treffen also $^1/_{10}$ mehr Schwingungen unser Ohr, als während der Ruhe, d. h. nicht 400, sondern 440 in der Sekunde, und in diesem Verhältnisse ist natürlich der Ton höher geworden. Hätten wir uns von der Tonquelle mit gleicher Geschwindigkeit entfernt, so wäre die Zahl der Schwingungen um $^1/_{10}$ vermindert worden, betrüge also nur noch 360, und in diesem Verhältnis wäre der Ton tiefer geworden.

Eine einfache Überlegung zeigt, daß es hierbei ganz gleichgültig ist, ob wir uns selbst bewegen und die Tonquelle in Ruhe ist, oder ob umgekehrt sich die Tonquelle bewegt und wir selbst ruhen; es findet ganz allgemein eine Erhöhung des

Tones statt, wenn die Entfernung zwischen Tonquelle und Beobachter kürzer wird, ein Heruntergehen, wenn die Entfernung wächst, und die Änderung des Tones hängt, wie gezeigt, allein ab von dem Verhältnis der Bewegungsgeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit.

Die Übertragung dieser Beobachtungen auf die Lichtwellen bietet zwar theoretisch die größten Schwierigkeiten und ist überhaupt noch nicht in exakter Weise möglich gewesen, die Berechtigung dieser Übertragung ist aber durch zahlreiche Erfahrungen praktisch bewiesen und kann daher ohne weiteres hier angenommen werden.

Es bleiben eben alle Verhältnisse ungeändert. Bei der Annäherung an eine Lichtquelle wird die Schwingungszahl vermehrt, bei der Entfernung vermindert; im ersteren Falle ändert sich die Farbe nach dem Violett zu, im zweiten nach dem Rot zu. Auch hierbei ist die Änderung der Schwingungsdauer oder der Wellenlänge allein abhängig von dem Verhältnis der Bewegungsgeschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit, und hierbei stoßen wir nun auf die erste Schwierigkeit, weil ja die Lichtgeschwindigkeit eine millionenmal größere ist als die Schallgeschwindigkeit.

Wollte man das obige Beispiel, bei dem das Geschwindigkeitsverhältnis $^1/_{10}$ war, auf das Licht übertragen, so müßte die Bewegungsgeschwindigkeit des Beobachters oder der Lichtquelle millionenmal so groß genommen werden, das wäre 30 000 km in der Sekunde. Solche Geschwindigkeiten sind aber auf der Erde nicht annähernd zu erreichen; denn die größten bisher herstellbaren Geschwindigkeiten bei Geschossen liegen noch unterhalb eines Kilometers. Selbst wenn wir die Geschwindigkeiten der Himmelskörper hinzuziehen, kommen wir in einigen seltenen Fällen kaum über 100 km hinüber, immer noch 300mal geringer als im Beispiel von den Schallwellen.

Es ist daher gar keine Frage, daß das Auge nicht imstande ist, die geringen Änderungen der Lichtschwingungen infolge von Bewegungen wahrzunehmen, wie das Ohr dies bei Tonschwingungen so bequem kann; es gelingt dies erst mit Hilfe des Spektroskops.

Wir haben schon kennen gelernt, daß Verschiedenheiten der Wellenlänge der Lichtstrahlen nicht bloß Verschiedenheiten der Farbentönung zur Folge haben, sondern auch Verschiedenheiten in der Brechung des Lichts; darauf beruht ja überhaupt das

Prinzip des Spektroskops, das Auseinanderziehen des weißen Spaltbildes durch das Prisma in das farbige Spektralband. Wenn also eine geringe Änderung der Schwingungsdauer oder der Wellenlänge infolge von Bewegung der Lichtquelle oder des Beobachters eintritt, so ist die damit verbundene Farbenänderung allerdings nicht zu erkennen, wohl aber unter Umständen die Änderung der Ablenkung im Spektroskop, weil geringe Winkeländerungen mit außerordentlicher Genauigkeit zu messen sind. Es entsteht eine Verschiebung aller einzelnen Stellen des Spektrums nach Violett hin bei Annäherung von Beobachter und Lichtquelle, nach Rot hin bei Entfernung. Diese Verschiebung ist bei kontinuierlichen Spektren nicht zu sehen oder gar zu messen, einmal, weil in einem solchen Spektrum überhaupt ja kein exakter Anhalt ist, dann aber auch, weil bei der Verschiebung aller Spektralteile immer ein Teil durch den nächstfolgenden ersetzt wird. Denken wir uns z. B. bei einem kontinuierlichen Spektrum die durch Bewegung entstandene Verschiebung nach Violett so stark (wie es in der Natur nicht vorkommen kann), daß das Rot nach dem Gelb hin verschoben sei, so würde das fehlende Rot erzeugt werden durch Verschiebung aus dem Ultrarot usw. bis zum Violett, welches selbst ins Ultraviolett hinein verschoben und damit unsichtbar wird. Es wird also am ganzen Anblick des Spektrums nichts geändert. Ganz anders aber verläuft die Erscheinung, wenn das Spektrum aus isolierten hellen oder dunklen Linien besteht; bei deren Verschiebung durch die geänderte Ablenkung im Prisma kann kein Ersatz stattfinden, sie sind tatsächlich verschoben, wie sich das durch Messung im Vergleich mit dem Spektrum desselben Gases im ruhenden Zustande feststellen läßt. Diese Verschiebungen sind nun selbst bei größeren Geschwindigkeiten sehr gering, wird doch z. B. bei einer Geschwindigkeit von 100 km in der Sekunde die Wellenlänge erst um $^{100}/_{300\,000}$ ihres Betrages geändert oder um $^{1}/_{3000}$, das ist bei den Wellenlängen des Lichtes, die selbst ja erst nach Zehntausendsteln eines Millimeters zählen, kaum vorstellbar wenig, und es muß eigentlich Bewunderung erregen, daß die Messungen im Spektroskop heute zu einer solchen Feinheit gelangt sind, daß die Verschiebungen der Spektrallinien, die durch derartig kleine Wellenlängenänderung veranlaßt werden, noch in aller Schärfe festgelegt werden können.

Die Messung von Bewegungsgeschwindigkeiten im Spektro-

skop ist nun in der Astronomie von allerhöchster Bedeutung geworden, speziell in der Fixsternastronomie. Wie wir im II. Kapitel gesehen haben, hat man bis vor kurzem über die Bewegungen der Fixsterne nur etwas erfahren können durch die äußerst geringen Ortsveränderungen derselben im Laufe vieler Jahre. Die auf diese Weise ermittelten Eigenbewegungen geben aber nur Aufschluß über die scheinbare Bewegung am Himmelsgewölbe, ausgedrückt in Änderungen eines Winkels.

Die wahre Größe der Bewegungen ist hieraus nur zu berechnen, wenn die Entfernungen der betreffenden Objekte von uns bekannt sind, und das ist ja nur für die wenigsten derselben der Fall. Die Linienverschiebung im Spektroskop liefert dagegen unmittelbar die wahren Geschwindigkeiten, ausgedrückt in Kilometern pro Sekunde, ganz gleichgültig, wie weit die Objekte von uns entfernt sind. Und noch etwas weiteres kommt hinzu. Die direkten Messungen am Himmel lehren nur die Bewegungen kennen, soweit sie auf der Richtung von uns bis zum Stern, dem sogenannten Visionsradius, senkrecht stehen, im Spektroskop messen wir umgekehrt nur die Bewegungen, die im Visionsradius erfolgen. Aus der Verbindung beider erhält man erst die wahre Bewegung im Raume nach Größe und Richtung.

IV. Kapitel.

Die Sonne.

Durch die im vorigen Kapitel erworbenen Kenntnisse sind wir nun in den Stand gesetzt, den inneren Bau des Weltalls, das heißt die Konstitution der dasselbe zusammensetzenden Himmelskörper zu begreifen. Hierhin gehören die Fixsterne und Nebelflecke. Es würde aber sehr unpraktisch sein, wenn wir gleich mit der Konstitution der Fixsterne beginnen wollten, da wir doch wissen, daß unsere Sonne auch nur ein Fixstern ist, der uns verhältnißmäßig nahe steht, so daß das Fernrohr auf seiner Oberfläche viele und detaillierte Untersuchungen gestattet, die an einem anderen, stets punktförmig erscheinenden Fixstern gar nicht möglich sind.

Es möge daher in diesem Kapitel eine kurze Darstellung alles dessen gegeben werden, was über die Konstitution der Sonne bekannt ist, was die Beobachtung im Fernrohr und im Spektroskop gelehrt hat.

Die Sonne erscheint im Fernrohr als genau kreisrunde Scheibe von so blendendem Glanze, daß ihre Betrachtung nur nach gewaltiger Abschwächung des Lichtes durch Blendgläser möglich ist. Der Glanz dieser Scheibe, das heißt also der uns gerade zugewendeten Halbkugel ihrer Oberfläche, ist aber keineswegs gleichförmig, vielmehr fallen eine ganze Reihe von Abweichungen ins Auge. Schon in ganz kleinen Fernrohren ist zu erkennen, daß die Helligkeit in der Mitte der Scheibe am größten ist und nach dem Rande zu stark abnimmt. In stärkeren Fernrohren erkennt man, daß überhaupt die ganze Oberfläche der Sonne ungleichförmig hell erscheint, indem sie aus unzähligen hellen kleinen Punkten zusammengesetzt ist, die sich von einem etwas dunkleren Hintergrunde abheben. Man bezeichnet diese Rauheit der Sonnenoberfläche als Granulation.

Die auffallendste Erscheinung auf der Sonnenoberfläche bieten die Sonnenflecken, mehr oder weniger große, bald rundlich, bald ganz zerrissen gestaltete dunkle Flecken, die im Innern einen noch dunkleren Kern enthalten. Diese Flecken sind höchst veränderliche Gebilde, die, ihre Gestalt beständig ändernd, häufig in wenigen Tagen entstehen oder vergehen, häufig aber auch, besonders die größeren von ihnen, monatelang bestehen bleiben. Aus ihrer stets in derselben Richtung fortschreitenden Bewegung auf der Sonnenscheibe hat man die Rotation der Sonne um ihre Achse erkannt, die in etwa 27 Tagen vor sich geht. Von der Größe dieser Flecken kann man sich eine Vorstellung machen, wenn man bedenkt, daß solche von über Erdgröße durchaus nicht selten sind. Etwas schwieriger zu erkennen sind die sogenannten Sonnenfackeln, aderförmig verlaufende Gebilde von größerer allgemeiner Helligkeit als die benachbarte Sonnenoberfläche; sie umgeben meist die Flecken, bestehen aber auch häufig ganz allein für sich und sind im Fernrohr nur in der Nähe des Sonnenrandes zu sehen; in einer besonderen Art von Spektroskopen, die wir noch näher kennen lernen werden, sind sie auch in der Mitte der Sonnenscheibe zu erkennen.

Außer diesen stets sichtbaren Erscheinungen sind unter besonderen Umständen an dem sonst so glatten Sonnenrande interessante Phänomene zu beobachten, nämlich bei totalen Sonnenfinsternissen, wenn der vor die Sonnenscheibe tretende Mond den blendenden Glanz derselben abhält, und damit die intensive Beleuchtung unser Erdatmosphäre verhindert, die sonst so stark ist, daß sie die verhältnismäßig lichtschwachen Erscheinungen am Sonnenrande überblendet. Die Sonnenscheibe erscheint dann mit einem rötlich leuchtenden Saume umgeben, wegen seiner Färbung die Chromosphäre genannt, während die eigentlich lichtspendende Oberfläche als Photosphäre bezeichnet wird. Aus dieser Chromosphäre ragen an einzelnen Stellen wolken- oder zungenförmige rötliche Gebilde hervor, die sich häufig beträchtlich weit von der Sonne erstrecken — bis zu 300 000 km — und Protuberanzen genannt werden.

Die Protuberanzen, die auch außerhalb der totalen Sonnenfinsternisse im Spektroskop täglich zu sehen sind und ihre Gestalt außerordentlich rasch ändern, meist in wenigen Stunden, projizieren sich bei totalen Sonnenfinsternissen auf einem silberweiß leuchtenden Gebilde, der Sonnenkorona, die sich in wechseln-

der Gestalt und Ausdehnung zuweilen bis zu mehreren Sonnendurchmessern weit erstreckt. Die Korona kann auch heute noch nicht außer der Totalität beobachtet werden.

Den allgemeinen Anblick der Sonnenscheibe gibt die Fig. 11 wieder.

Nach dieser Aufzählung der verschiedenen Sonnenphänomene mögen dieselben nun im einzelnen behandelt werden.

Die Photosphäre. Die granulierte Photosphäre ist die Ausgangsschicht für die Wärme- und Lichtstrahlung der Sonne, sie ist für uns als die Sonnenoberfläche zu betrachten, da tiefer

Fig. 11.

der Blick nicht einzudringen vermag. Bei der spektroskopischen Untersuchung der Sonnenstrahlen kommt das Photosphärenlicht vorwiegend in Betracht. Das Sonnenspektrum stellt sich nun als kontinuierliches Spektrum dar, durchzogen von mehreren Tausenden von dunklen Linien. Nach unserem zweiten Satze der Spektralanalyse ist damit die Konstitution der Photosphäre gegeben: Ihr Licht rührt von einem glühenden festen oder flüssigen Körper her, muß aber eine Hülle von glühenden Gasen durchbrechen, deren Temperatur niedriger als die der Photosphäre selbst ist, und die durch ihre Absorption die dunklen Linien erzeugt.

Entsprechend dieser unmittelbaren Folgerung nahm man auch zunächst an, daß die Photosphäre die wahre Oberfläche der Sonnenkugel sei, bestehend aus glühend flüssiger Materie, etwa geschmolzenen Metallen oder Gesteinsarten; die hellen Körner der Granulation sollten herrühren von unzähligen Flammen, welche aus diesem glühenden Meere emporschlagen. Man ist heute von dieser Ansicht gänzlich zurückgekommen und zwar aus sehr schwerwiegenden Gründen. Zunächst ist es gelungen, die Temperatur der Photosphäre mit ziemlicher Sicherheit zu bestimmen, sie liegt zwischen 6000^0 und 7000^0. Wir kennen aber keine Stoffe auf Erden, die sich bei dieser hohen Temperatur in so kolossalen Mengen in geschmolzenem Zustande halten könnten; alle chemischen Verbindungen sind bei dieser Temperatur in ihre Elemente zerfallen, und alle Metalle sind bereits unterhalb dieser Temperatur zu Gasen verflüchtigt. Immerhin aber könnte man sich ja vorstellen, daß ein uns unbekanntes Element auf der Sonne in überwiegender Menge vorhanden sei, welches dann die feurig flüssige Photosphäre bildete.

Noch einwurfsfreier erscheint ein zweiter Grund. Das spezifische Gewicht der Sonne, wenn man die Photosphäre als ihre wirkliche Begrenzung ansieht, ist nur $^1/_4$ desjenigen der Erde, oder nur rund $1^1/_2$ mal so groß als das des Wassers. Wie ist das für eine Kugel, die nur aus geschmolzener Materie besteht, denkbar? Wenn auch an der Oberfläche die leichteren Elemente wären, so müßten doch im Inneren die schwereren vorhanden sein; und es gibt doch nur wenige Elemente, deren spezifisches Gewicht im feurig flüssigen Zustande unterhalb 1,5 gelegen ist.

Man kommt über diese Schwierigkeiten und noch mehrere andere, die hier unerwähnt bleiben mögen, nur hinüber, wenn man annimmt, daß die Photosphäre gar nicht als eigentliche Oberfläche der Sonne im Sinne unserer Erdoberfläche zu betrachten ist, und daß die Sonne überhaupt nicht eine glühend flüssige Kugel, sondern nur eine glühend gasförmige darstellt. Der eigentliche Sonnenkern, wenn überhaupt von einem solchen die Rede sein kann, würde dann viel kleiner anzunehmen sein, als die Photosphäre angibt, und damit würde das spezifische Gewicht dieses Kerns wesentlich größer werden.

Nehme man z. B. seinen Durchmesser als die Hälfte des jetzigen Photosphärendurchmessers an, so wird das spezifische

Gewicht um das 8fache wachsen, würde also schon ganz unwahrscheinlich groß werden. Unter dieser Annahme verliert demnach die Photosphäre ihre Bedeutung als Oberfläche der Sonne und sie wird nur zu einer Schicht der Sonnenatmosphäre. Aber die Spektralanalyse verlangt doch, daß die Photosphäre flüssig oder fest ist! Das tut sie keineswegs, sie verlangt nur, daß in der Photosphäre glühende feste oder flüssige Teile enthalten sind, wobei die Schicht selbst gasformig sein kann.

Zum Verständnisse dieses Zustandes der Photosphäre brauchen wir nur die Verhältnisse unserer Erdatmosphäre zur Vergleichung zu ziehen. Während unsere Atmosphäre im allgemeinen sehr durchsichtig ist, also rein gasförmig, beobachten wir doch fast täglich, wie sich in einer gewissen Höhe eine undurchsichtige Schicht bildet, eine Wolkenschicht. Wie das zustande kommt, ist genau bekannt. Unsere Luft enthält ein durchsichtiges Gas, den Wasserdampf, den sie in um so größeren Mengen aufnehmen kann, je höher die Temperatur ist. Hat nun die warme Luft an der Erdoberfläche einen großen Gehalt an Wasserdampf und steigt dann in die Höhe, wobei sie sich abkühlt, so kann sie endlich bei einer gewissen Temperaturerniedrigung nicht mehr den Gesamtwasserdampf in gelöstem Zustande aufnehmen; der Überschuß kondensiert sich alsdann, d. h. er geht aus dem gasförmigen in den flüssigen oder festen Aggregatzustand über und bildet die nicht durchsichtigen Wolken, welche aus Luft bestehen, in denen Wasser als Tropfen oder Bläschen oder als Kristalle (Schnee) suspendiert ist.

Diesen Vorgang können wir unmittelbar auf die Sonnenatmosphäre übertragen, nur mit dem Unterschied, daß dieselbe statt aus Sauerstoff und Stickstoff im wesentlichen aus Wasserstoff und anderen Metallgasen im glühenden Zustande besteht, und statt des Wasserdampfes irgendein schwer verdampfbares Element (vielleicht Kohle?) enthält, welches sich in den oberen Schichten der Atmosphäre infolge der Abkühlung ebenfalls kondensiert und eine ständige glühende „Wolkenschicht" bildet. Die kondensierten festen oder flüssigen Teilchen des betreffenden Elements geben alsdann das kontinuierliche Spektrum. Die Analogie mit den irdischen Wolken geht sogar noch weiter. Wie bei ihnen wird wahrscheinlich die obere Begrenzung der Photosphäre durchaus nicht eine ebene sein, vielmehr wird sie sich aus einzelnen Wolkenballen zusammensetzen, welche die hellen Körner

der Granulation bilden würden, die in Fig. 12 zu sehen sind (nach einer photographischen Aufnahme).

Nach dieser, jetzt ziemlich allgemein angenommenen Ansicht von der Konstitution der Photosphäre folgt, daß wir von der eigentlichen Sonne gar nichts sehen können, sondern daß sich alle eingangs dieses Kapitels aufgezählten Phänomene innerhalb der Sonnenatmosphäre abspielen. Über die Beschaffenheit des Sonneninnern können daher nur Vermutungen auf-

Fig. 12.

gestellt werden, die sich im allgemeinen in der folgenden Richtung bewegen. Die Sonne stellt einen ungeheuren glühenden Gasball dar, dessen Temperatur nach innen immer mehr zunimmt, jedenfalls also den Betrag von 6000^0 wesentlich überschreitet. Wegen der gewaltigen Masse der Sonne ist die Schwerewirkung eine sehr vielmal größere als auf der Erde (in der Photosphäre 27 mal größer), und infolge dessen wächst nach dem Innern zu der Druck der Gase so gewaltig, daß man sich darüber gar keine Vorstellungen mehr machen kann; jedenfalls

ist der Gasdruck im Innern einer Kanone im Momente des Schusses ein Kinderspiel dagegen. Die Materie ist also im Sonneninnern ein Spielball von unvorstellbar hohen Temperatur- und Druckverhältnissen; die ersteren bedingen das Erhalten des gasförmigen Aggregatzustandes, die letzteren veranlassen eine solche Zusammenpressung der Gasmoleküle, daß die Gase vielleicht mehr Ähnlichkeit mit der Konsistenz von Teer oder Honig haben als mit der Flüchtigkeit unserer Luft. Doch das sind alles, wie schon gesagt, nur Vermutungen, und wir wollen daher wieder zum Reellen übergehen.

Unmittelbar oberhalb der Photosphäre befinden sich nun die Gase, durch deren Absorption die dunklen Linien im Spektrum entstehen. Diese Schicht ist sehr dünn, so daß sie nur unter besonders günstigen Beobachtungsverhältnissen zu erkennen ist. Bei totalen Sonnenfinsternissen ist sie dagegen leicht zu sehen; im Moment, wo der vorschreitende Mond den letzten Rest der Photosphäre bedeckt, wird diese Schicht erkennbar, um allerdings nach einer Sekunde wieder zu verschwinden, weil sie dann schon selbst durch den Mond verdeckt wird. Im Augenblicke ihres Erscheinens blitzen alle vorher dunklen Linien im Spektrum hell auf; es dringt dann das Licht der glühenden Gase dieser Schicht allein ins Spektroskop, das Licht der Photosphäre ist ja verschwunden. Wegen der außerordentlichen Zartheit der „umkehrenden" Schicht kann man sie nicht als eine selbständige betrachten, sie ist eben nur als oberste Schicht der Photosphäre anzunehmen, in welcher die kondensierten, festen oder flüssigen Partikel gar nicht oder nur in ganz geringer Menge vorhanden sind.

Wie wir im Kapitel der Spektralanalyse schon erwähnt hatten, geben nun die dunklen Linien genauen Aufschluß über die Natur der glühenden Gase, durch welche sie erzeugt werden, und es ist von besonderem Interesse, die Chemie dieser Gase, also der obersten Schicht der Photosphäre, etwas näher zu verfolgen. Es sind bis heute etwa 40 chemische Elemente in diesen Gasen mit Sicherheit nachgewiesen, von denen die folgenden bekannteren hier angeführt werden mögen: Eisen (mit über 2000 Linien), Nickel, Titan, Mangan, Chrom, Kobald, Kalzium, Magnesium, Natrium, Wasserstoff, Helium, Strontium, Barium, Aluminium, Kadmium, Zink, Kupfer, Silber, Zinn. Noch zweifelhaft in bezug auf ihre Anwesenheit in der Photosphäre sind u. a. Blei, Kalium, Iridium, Platin, und mit Sicherheit nicht

vorhanden sind: Antimon, Gold, Quecksilber und die sogenannten Metalloide, wie Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Chlor, Jod, Brom und Fluor, mit Ausnahme des Siliziums.

Daß diese letzteren Elemente alle in der Sonne wirklich fehlen sollten, ist nicht anzunehmen. Wenn wir die Liste der sicher vorhandenen nachsehen, so finden wir in derselben hauptsächlich nur die Elemente, welche im gasförmigen Zustande verhältnismäßig leicht sind, sowie diejenigen schwereren, die sich durch auffallend kräftige oder zahlreiche Spektrallinien auszeichnen. Beides ist durchaus plausibel, ersteres weil die schwereren Gase sich viel wahrscheinlicher in den tieferen Gegenden der Sonne aufhalten werden. Man braucht also durchaus nicht die Hoffnung aufzugeben, daß Gold in ungeheueren Massen in der Sonne vorhanden sein wird. Das Fehlen der Metalloide wird auch nur ein scheinbares sein, da dieselben meist nur sehr schwache Spektrallinien geben. Über das Vorhandensein eines für uns so überaus wichtigen Elements, der Kohle, auf der Sonne gehen die Ansichten noch weit auseinander, sie scheint mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen zu sein.

Die bereits erwähnte Helligkeitsabnahme der Sonnenscheibe von der Mitte bis zum Rande ist eine sehr beträchtliche. Sie verläuft zunächst sehr langsam, so daß in der Hälfte zwischen Mitte und Rand die Abnahme kaum merklich ist, nimmt dann aber immer mehr und mehr zu, bis sie schließlich am Rande selbst etwa 80 % beträgt. Dabei ist sie für die Strahlen der verschiedenen Wellenlängen, also für die verschiedenen Farben, nicht dieselbe, für Rot etwa 70 %, für Violett dagegen 87 %. Am Rande überwiegen also die roten Strahlen gegenüber der Mitte, daher erklärt sich auch die bräunliche Färbung des Sonnenrandes.

Die ganze Erscheinung rührt zweifellos von der Absorption der Lichtstrahlen in der Sonnenatmosphäre her, die ja in der Mitte der Scheibe nur einen kurzen, am Rande aber einen sehr langen Weg durch die Sonnenatmosphäre zurückzulegen haben. Man hat aus der Lichtabnahme nach dem Rande zu den ganzen Betrag des durch diese Atmosphäre absorbierten Lichtes ermitteln können, der recht beträchtlich ist. Ohne diese Atmosphäre würde die Sonne uns etwa doppelt so viel Licht und Wärme spenden, als sie es jetzt tut.

Die Sonnenflecken. Die Granulation der Photosphäre zeigt häufig kleine Diskontinuitäten, indem einige helle Körner

an einer Stelle fehlen und dadurch eine kleine dunkle Stelle entsteht, die man als Pore bezeichnet. Zwischen diesen Poren und den eigentlichen Sonnenflecken scheint nur ein gradueller Unterschied zu bestehen: Poren, die eine gewisse Größe überschreiten, nennt man Flecken. Die Poren haben Durchmesser von etwa 1500 bis 2000 km; die größten Flecken erreichen Durchmesser bis zu 100000 km, also bis zum 7—8 fachen Durchmesser der

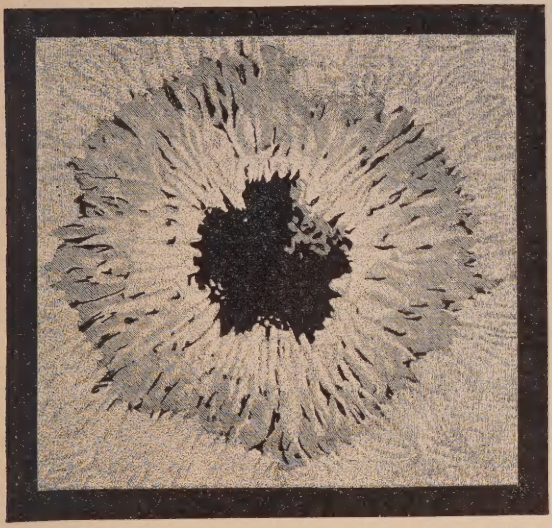


Fig. 13.

Erde. In den eigentlichen Flecken ist eine deutliche Gliederung in den dunkleren Kern und den helleren, ihn umgebenden Halbschatten oder Penumbra vorhanden. Der Kern erscheint zwar im Verhältnis zur blendend hellen Photosphäre sehr dunkel, ist aber keineswegs schwarz, sondern ist etwa immer noch 500 mal heller als der Vollmond. Die Penumbra zeigt stets eine strahlige Struktur, etwa so, als wenn die sie nach außen begrenzenden Körner der Photosphäre bis zum Kern hin verlängert wären. Ein deutliches Bild eines typischen Sonnenfleckes zeigt Fig. 13.

Die kleineren Flecken entstehen häufig sehr schnell und verschwinden auch ebenso schnell wieder; die größeren brauchen oft längere Zeit zu ihrer Entwicklung, bleiben unter Umständen monatelang bestehen, wobei ihre Formen manchmal so variieren, daß zwischen End- und Anfangsform gar keine Ähnlichkeit mehr besteht. Die Häufigkeit der Sonnenflecken ist eine sehr wechselnde. Während etwa 2 Jahren sind die Flecken am zahlreichsten vorhanden, auch sind sie durchschnittlich zu dieser Zeit am größten, dann nehmen sie ab, bis sie nach 6 bis 7 Jahren ein Minimum in bezug auf Häufigkeit und Größe erreicht haben; nach weiteren 4 bis 5 Jahren ist dann wieder das Maximum erreicht. Die Periode umfaßt $11\frac{1}{2}$ Jahre, doch kommen auch nicht unbeträchtliche Schwankungen ihrer Länge vor. Die Variation in der Fleckenmenge ist eine sehr beträchtliche. So ist es eine Seltenheit, wenn im Maximum im Laufe eines Jahres überhaupt einmal ein fleckenfreier Tag vorkommt, während im Minimum die Zahl der fleckenfreien Tage im Jahre 150 bis 200 beträgt. Die von den Flecken bedeckte Fläche der Sonne ist im Maximum durchschnittlich 25 mal größer als im Minimum.

Von besonderem Interesse ist die Verfolgung der Bewegung der Flecken. Sofern sie sich nicht vor unseren Augen auf der Sonnenscheibe entwickeln, erscheinen sie am Ostrande der Sonne, wandern in 12 bis 14 Tagen über die Scheibe hinüber und verschwinden am Westrande, um eventuell nach weiteren 12 bis 14 Tagen von neuem am Ostrande aufzutauchen. Es folgt hieraus, daß die Bewegung der Flecken im wesentlichen durch eine Rotation der Sonne bedingt wird, die in etwa 27 Tagen vor sich geht. Die Versuche, hieraus einfach die Umdrehungszeit der Sonne zu bestimmen, scheiterten aber bald, indem sich zeigte, daß dieselben für die verschiedenen Flecken häufig zu sehr verschiedenen Werten führten, aus denen jedoch eine allgemeine Gesetzmäßigkeit abgeleitet werden konnte, dahin gehend, daß die Rotationszeit der Sonne um so größer ist, je weiter ein Fleck vom Äquator absteht. Es ist in neuerer Zeit mit Hilfe der auf Seite 60 angegebenen Methode der Linienverschiebung gelungen, die Rotationszeiten der Sonne in Abhängigkeit von der Entfernung vom Sonnenäquator auch ohne Fleckenbeobachtung abzuleiten. Zu diesem Zwecke braucht man nur die Linienverschiebung an entsprechenden Stellen des Ost- und Westrandes miteinander zu vergleichen. Es hat sich hierbei ergeben, daß

tatsächlich die Photosphäre selbst bereits die verschiedenen Rotationszeiten besitzt, daß also die Flecken einfach in der Photosphäre schwimmen und an deren Bewegung teilnehmen; außerdem führen sie allerdings auch noch geringere selbständige Bewegungen aus und zwar sowohl parallel zur Richtung des Äquators als auch senkrecht hierzu.

Die Unterschiede der Rotationszeit der Sonne sind sehr bedeutende. Am Äquator beträgt sie etwa 25 Tage und nimmt allmählich bis zu den Polen auf etwa 35 Tage zu. Ein fester oder flüssiger Körper muß sich überall mit gleicher Winkelgeschwindigkeit drehen, wie z. B. unsere Erde. Das abweichende Verhalten der Sonne lehrt aufs deutlichste die Richtigkeit der Annahme, daß die Photosphäre nur als eine Gasschicht, als eine Schicht in der Atmosphäre der Sonne zu betrachten ist. Noch ein anderer Umstand tritt in demselben Sinne beweisend hinzu: Das Fehlen einer merklichen Abplattung der Sonne. Alle rotierenden festen oder flüssigen Körper besitzen je nach ihrer Rotationsgeschwindigkeit eine mehr oder weniger starke Abplattung, wie z. B. die Erde und die anderen Planeten.

Noch eine Eigentümlichkeit zeigt die Erscheinung der Flecken; sie kommen nämlich keineswegs auf der ganzen Sonnenscheibe vor, sondern sind beschränkt auf einen äquatorialen Gürtel, der bis zum 40. Breitengrade nördlich und südlich reicht. Am Äquator selbst sind sie auch selten, und sie verteilen sich im wesentlichen auf zwei getrennte Zonen nördlich und südlich vom Äquator.

Nachdem wir nun das allgemeine Verhalten der Sonnenflecken kennen gelernt haben, müssen wir uns der Frage zuwenden, was die Sonnenflecken eigentlich sind und wie sie entstehen.

Von den ältesten Erklärungsversuchen, nach denen sie als dunkle Schlacken auf dem Feuerozean der Sonne zu betrachten seien, können wir natürlich gänzlich absehen. Es ist nun eine leicht anstellbare Beobachtung, welche einen gewissen Aufschluß gibt. Je mehr sich ein Fleck dem Rande der Sonne nähert, in um so schrägerer Richtung sehen wir ihn. Ein in der Mitte der Sonnenscheibe nahe runder Fleck erscheint also am Rande schmal, so wie dies die Fig. 14 andeutet. Aber diese Figur lehrt noch etwas anderes.

Man sieht deutlich, daß mit dem Schmalerwerden des Flecks

eine Verschiebung des Kerns gegen die Penumbra stattfindet. Der Kern rückt immer näher an die Innenkante heran, bis daselbst die Penumbra gänzlich verschwunden ist, während sie an der Außenkante deutlich sichtbar bleibt. Es kann sich nun jedermann leicht überzeugen, daß ein solches Verhalten nur möglich ist, wenn der Kern tiefer liegt als die Photosphäre und die Penumbra sich trichterförmig von der Photosphäre bis zum Kern erstreckt. Läge der Kern in gleicher Höhe mit der Photosphäre, so müßte beim Schmalerwerden die Penumbra symmetrisch bleiben, läge er höher, so müßte die Erscheinung sich umkehren, die Penumbra müßte am Außenrande verschwinden und am Innenrande sichtbar bleiben. Diese häufig

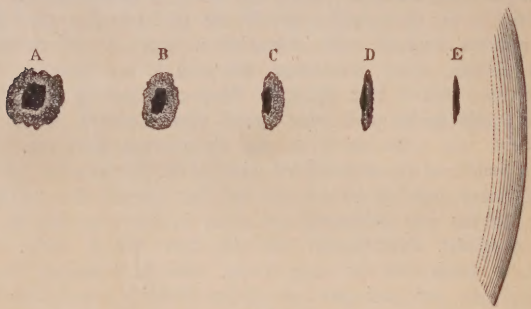


Fig. 14.

zu machende Beobachtung lehrt also das wichtige Faktum, daß die Sonnenflecken Höhlungen sind in der Photosphäre, oder mit anderen Worten, daß sie in der Wolkenschicht der Photosphäre als Wolkenlücken aufzufassen sind.

Wie stellt sich nun die spektralanalytische Untersuchung zu dieser Auffassung? Sie stimmt mit derselben vollkommen überein, da die dunklen Linien der Photosphäre noch dunkler und breiter erscheinen und überdies noch neue dunkle Linien hinzutreten. Beides deutet darauf hin, daß in den Flecken das Licht der Photosphäre eine dickere Schicht von Gasen zu passieren, also stärkere Absorptionen zu erleiden hat. Das läßt sich am einfachsten dadurch erklären, daß das Licht aus größerer Tiefe stammt, dann hat es selbstverständlich eine dickere Gasschicht zu

durchlaufen. Die größere Dunkelheit der Flecken steht aber hiermit in scheinbar starkem Widerspruche. Die Sonne ist im Innern sicherlich viel heißer als außen; wenn die Flecken also Höhlungen sind und das Licht aus größerer Tiefe kommt, dann kommt es auch von heißeren Partien her, und dann müßte es doch eigentlich heller sein und nicht dunkler. Um diesen Widerspruch aufzulösen, wollen wir ein kleines physikalisches Experiment anstellen.

Mischt man Leuchtgas mit einem gewissen Quantum Luft, so brennt dieses Gemisch mit ganz schwach leuchtender bläulicher Flamme, der sogenannten Bunsenflamme, wie sie z. B. bei den Glühlichtstrümpfen verwendet wird. Obgleich die Temperatur dieser Flamme sehr hoch ist, viel höher als die der gewöhnlichen Gasflamme, erscheint sie letzterer gegenüber dunkel. Der Grund hierfür ist der, daß in der Bunsenflamme nur Gase glühen, die eben nur schwach leuchten, oder wie der technische Ausdruck lautet, nur ein geringes Emissionsvermögen besitzen. In der gewöhnlichen Gasflamme wird dagegen ein Teil des Kohlenstoffs als Ruß, d. h. als feste Körperchen ausgeschieden, und die festen Körper besitzen ein sehr großes Emissionsvermögen und leuchten daher stark. — Die dunkle Bunsenflamme wird im Gasglühlicht ebenfalls durch Hineinbringen eines festen Körpers, z. B. des Glühstrumpfes, zum intensiven Leuchten gebracht. — Die Konstitution der gewöhnlichen Gasflamme ist nun der der Photosphäre sehr ähnlich; beide bestehen aus glühenden Gasen, in denen feste Teilchen suspendiert sind. Würde man an einer Stelle der Gasflamme durch eine partielle Temperaturerhöhung die festen Kohlenstoffteilchen zur Vergasung bringen, so würde an dieser Stelle der leuchtende feste Körper fehlen, dieselbe würde dunkel erscheinen.

Das läßt sich nun auf den Sonnenfleck übertragen. Es braucht nur an einer Stelle der Photosphäre aus irgend einer Ursache eine Temperaturerhöhung stattzufinden, so werden sich die kondensierten Teilchen wieder auflösen, und obgleich die betreffende Stelle heißer ist als ihre Umgebung, wird sie schwächer leuchten, weil nur noch Gase daselbst glühen und die Absorption stärker ist. Da nun die Flecken als Höhlungen erscheinen — in Wirklichkeit sind es ja keine Höhlungen, sondern Lücken in der Wolkenbildung — so ist anzunehmen, daß die Erhitzung von oben und nicht von unten kommt.

Über die Ursache der Erhitzung selbst kann man nichts Bestimmtes angeben; es ist denkbar, daß sie durch absteigende Gasströme entsteht, die durch ihre stärkere Zusammenpressung in den tieferen Schichten sich erwärmen, wie durch ähnliche Vorgänge in unserer Erdatmosphäre bewiesen ist, z. B. durch die warmen Föhnwinde in der Schweiz.

Durch das Vorstehende ist in Kürze eine plausible Erklärung der Sonnenflecken gegeben; es darf nicht verschwiegen werden, daß die Ansichten der Astronomen in diesem Punkte recht weit auseinander gehen. Es sind auch bereits zahllose Erklärungsversuche über die schon erwähnten Bewegungen der Flecken, über ihre Periodizität usw. gemacht worden, die aber alle nur in geringem Grade befriedigen, so daß an dieser Stelle die betreffenden Fragen noch als offene betrachtet werden müssen.

Die Sonnenfackeln. Die Sonnenfackeln sind in fast allen Beziehungen als das gerade Gegenteil der Sonnenflecken zu betrachten. Sie sind heller als die umgebende Photosphäre, und statt als Wolkenlücken sind sie umgekehrt gleichsam als Verdichtungen der Wolken, als Zusammenballungen der einzelnen Granulationskörner zu betrachten. Im Gegensatze zu der mehr kompakten Form der Flecken verlaufen sie von einem Knotenpunkte, der häufig ein Sonnenfleck ist, in radialen oder ganz unregelmäßig geformten Adern. Am Sonnenrande selbst erscheinen sie zuweilen deutlich als Erhöhungen über das allgemeine Niveau der Photosphäre, und damit stimmt auch die spektralanalytische Untersuchung, nach der die dunkleren Linien schmaler erscheinen als in der Photosphäre, so daß also weniger Absorption über den Fackeln stattfindet. Man hat sie daher als Erhöhungen über der Photosphäre zu betrachten, sie leuchten heller, weil sie über die tieferen Schichten derselben emporragen. Deshalb sind sie auch für gewöhnlich nur in der Nähe des Sonnenrandes sichtbar, ihr Kontrast ist daselbst gegen die durch Absorption verdunkelte Photosphäre ein großer.

Aber die Fackeln zeigen doch auch ganz besondere spektroskopische Eigentümlichkeiten. Die Linien des Kalziums erscheinen auf ihnen stets hell, insbesondere die Hauptlinie dieses Metalls, welche an der äußersten Grenze des Violett liegt. Zur Erklärung dieses Umstandes kann nur der dritte Satz der Spektralanalyse herangezogen werden; die Kalziumdämpfe in den Fackeln müssen eine höhere Temperatur besitzen als die der Photosphäre.

Das ist eine ganz besondere Eigentümlichkeit, für die eine strenge Erklärung bisher noch nicht gefunden ist. Diese Eigentümlichkeit hat es aber nun ermöglicht ein ganz besonderes Verfahren zur photographischen Aufnahme der Fackeln anzuwenden, bei welchem dieselben nicht mehr bloß am Rande, sondern auf der ganzen Scheibe sichtbar werden. Das Verfahren ist ein so interessantes, daß ich trotz seiner Kompliziertheit den Versuch machen will, es hier klarzustellen.

Denkt man sich in einem Spektroskop da, wo das Bild des Spektrums entsteht, eine photographische Platte eingesetzt, so wird man auf derselben ein photographisches Bild des Spektrums erhalten mit allen seinen Einzelheiten, z. B. mit den hellen Kalziumlinien, falls das an einem Refraktor angebrachte Spektroskop auf eine Sonnenfackel gerichtet ist. Denken wir uns nun weiter das ganze Spektrum durch eine undurchsichtige Platte abgeblendet, in welcher sich genau an der Stelle der Kalziumlinie ein feiner Spalt befindet, so wird sich nur die Kalziumlinie auf der photographischen Platte abbilden. Würde man jetzt das Spektroskop auf einen beliebigen Punkt der Sonnenscheibe richten, wo sich keine Fackel befindet, die Kalziumlinie also dunkel ist, so würde man überhaupt kein Bild auf der Platte erhalten. Man stelle sich nun jetzt vor, daß der Spalt des Spektroskops über die ganze Sonnenscheibe hinwegbewegt werde, während sich gleichzeitig der Spalt vor der photographischen Platte in genau derselben Weise bewegt, so daß nur das Licht der Kalziumlinie hindurch kann, so wird man auf der Platte überall da, wo die Kalziumlinie hell ist, ein entsprechendes Bild erhalten, an allen anderen Stellen aber nichts, d. h. man erhält auf der photographischen Platte nacheinander, entsprechend der Bewegung des Spaltes, ein Bild aller Fackeln in ihrer wahren Gestalt und Verteilung. Es ist, abgesehen von allem anderen, ein erstaunliches Resultat, daß man auf diese Weise ein Bild der Sonne erhält, wie sie allein im Kalziumdampf leuchtet, ein Kalziumbild der Sonne.

Die bisherigen Aufnahmen dieser Art zeigen nun, daß die Fackeln überall auf der Sonne vorkommen, ganz besonders jedoch in den beiden schon erwähnten Zonen, in denen die Flecken allein auftreten. Diese Methode ist noch zu neu, als daß man schon über bestimmte Resultate in Betreff des Verhaltens der Fackeln und ihrer Zusammengehörigkeit zu den Flecken berichten

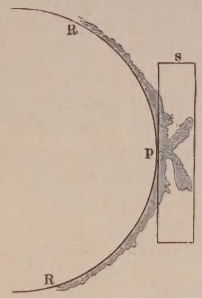
könnte; dieselben werden jedoch bald zu erwarten sein. Es sei hier erwähnt, daß die Sonnenprotuberanzen, die, wie wir gleich sehen werden, ebenfalls Kalziumdampf enthalten, nach derselben Methode photographiert werden können.

Die Chromosphäre und die Protuberanzen. Die auf die Photosphäre folgende Schicht, die Chromosphäre mit ihren sich hoch erhebenden Protuberanzen ist, wie schon erwähnt, zunächst nur bei totalen Sonnenfinsternissen zu sehen, weil ihre Helligkeit geringer ist, als die unserer von der Sonne beleuchteten Erdatmosphäre. Es ist einer der schönsten Triumphe der Spektralanalyse, daß es mit ihrer Hilfe nunmehr jederzeit bei Sonnenschein möglich ist, die Chromosphäre mit ihren Hervorragungen zu studieren. Die Methode hierzu beruht auf dem Umstande, daß das Spektrum der Chromosphäre aus isolierten hellen Linien besteht, während dasjenige der erhellten Erdatmosphäre ja nichts anderes als das Sonnenspektrum, also ein kontinuierliches ist.

Wenn man die Zerstreuung eines Spektroskops vermehrt, d. h. wenn man das Spektralband immer länger und länger werden läßt, so wird das weiße Licht, welches auf den schmalen Spalt des Spektroskops fällt, auf eine immer größere Fläche verteilt, die Helligkeit dieser Fläche, des Spektrums also, immer mehr verringert. Ganz anders liegt aber die Sache bei einem aus hellen Linien bestehenden Gasspektrum. Durch Vermehrung der Zerstreuung werden zwar die Linien immer weiter auseinandergerückt, aber ihre Breite nicht geändert, folglich bleiben sie bei zunehmender Zerstreuung des Spektroskops von unveränderter Helligkeit. Dringt nun, wie das bei einem an einem Fernrohr angebrachten und auf den Sonnenrand gerichteten Spektroskop der Fall ist, eine Mischung der beiden Lichtarten durch den Spalt ins Spektroskop, so wird das von der Erdatmosphäre reflektierte weiße Licht im kontinuierlichen Spektrum sehr geschwächt, das Licht der Gaslinien aber nicht, und daher sind letztere deutlich auf dem kontinuierlichen Hintergrunde sichtbar. Wenn man jetzt den Spalt immer weiter öffnet, bis zuletzt das ganze Bild der Protuberanz in denselben hineingeht, so erblickt man letztere deutlich auf dem kontinuierlichen Hintergrunde in ihrer wahren Gestalt, und kann sie entweder photographieren oder auch mit dem Auge in allen ihren Veränderungen stundenlang beobachten. Durch die Erweiterung des Spalts wird zwar das kontinuierliche Spektrum in gleichem

Maße heller, durch Vermehrung der Zerstreuung kann man die Helligkeit aber auch wieder entsprechend vermindern.

Die nebenstehende Fig. 15 erläutert die Art der Beobachtung auf das deutlichste, während die Fig. 16 die äußere Form eines Protuberanzspektroskops erkennen läßt.



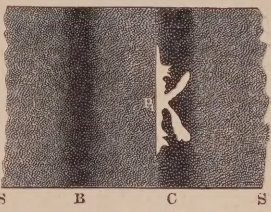


Fig. 15.

Im Gegensatze zur Photosphäre besteht die Chromosphäre und die dazu gehörigen Protuberanzen nur aus wenigen Elementen, und zwar nur aus solchen von ganz geringem spezifischen Gewichte im gasförmigen Zustande. Diese Elemente sind: ganz vorwiegend Wasserstoff, sodann Helium und in ganz geringen Quantitäten Kalzium. Wasserstoff kommt auf der Erde als Hauptbestandteil des Wassers in ungeheuren Mengen vor, Helium dagegen nur in einigen äußerst seltenen Mineralien, und ist infolge dessen überhaupt erst vor wenigen Jahren auf der Erde entdeckt worden, während es als Sonnenelement, daher auch der Name, schon lange erkannt war. Kalzium kommt auf der Erde als Hauptbestandteil der festen Erdrinde im Kalk, Marmor, Kreide usw. ebenfalls in sehr großen Mengen vor.

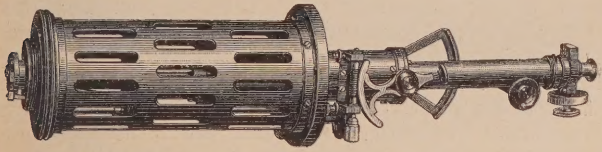


Fig. 16.

Die Höhe der Chromosphäre ist im allgemeinen keine bedeutende, immerhin ist sie stets mit Sicherheit als selbständige Schicht rund um die Sonne herum erkennbar. Ihre Begrenzung

nach außen ist ziemlich unregelmäßig, und diese Unregelmäßigkeiten erreichen in den sogenannten Protuberanzen zuweilen ganz beträchtliche Höhen, die unter Umständen gleich der Entfernung des Mondes von der Erde sind. Ihre Form zeigt an, daß sie durch aufsteigende Gasströme aus der Chromosphäre veranlaßt sind, wobei Geschwindigkeiten der Fortbewegung von Hunderten von Kilometern in der Sekunde nicht zu den Seltenheiten gehören. Zuweilen erheben sie sich auf breiter Basis in Formen, die denen unserer Kumuluswolken ähneln. Häufig steigt auch nur eine einzelne dünne Gassäule auf, die sich in einer gewissen Höhe verflacht und ausbreitet. Hört dann die Zufuhr von unten auf, so verschwindet die verbindende Säule und die Protuberanz bleibt als isolierte Wolke oberhalb der Chromosphäre eine Zeitlang bestehen.

Nicht selten erfahren die emporsteigenden Protuberanzen in einer gewissen Höhe eine plötzliche Abknickung oder Umbiegung, ein Zeichen dafür, daß sie daselbst in stark bewegte Gasschichten gelangen, entsprechend unseren irdischen Stürmen, nur mit dem Unterschiede, daß in der Sonnenatmosphäre die Windgeschwindigkeiten unvergleichlich stärker sind als auf der Erde. Die beiden Figuren 17 u. 18 geben eine schematische Darstellung der verschiedenen Protuberanzformen, die am häufigsten beobachtet werden.

Die Entstehung der Protuberanzen durch aufsteigende Gasströme aus der Chromosphäre läßt sich durch ein leicht zu veranstaltendes Experiment sehr gut veranschaulichen. Man bringe in eine größere Glasglocke, die sich auf einem Glasteller befindet, vorsichtig Tabaksdampf hinein, so daß derselbe sich als gleichförmige Schicht auf dem Teller ausbreitet; diese Schicht entspreche der Chromosphäre. Nun braucht man bloß einen Finger von unten gegen den Glasteller zu halten, so wird nach wenigen Sekunden über dieser Stelle sich eine Säule von Tabaksdampf erheben, die in ihrer Form und Ausbreitung häufig ganz täuschend den Protuberanzen ähnlich ist. Es findet eben durch den warmen Finger eine Erwärmung und damit Ausdehnung der Luft an der betreffenden Stelle statt. Die Luft wird dadurch leichter und steigt in die Höhe, was durch den mitgerissenen Tabaksdampf sichtbar gemacht wird. Nimmt man statt des Fingers eine stärkere Wärmequelle, z. B. ein brennendes Streichhölzchen, so geht die Erscheinung äußerst stürmisch von statten.

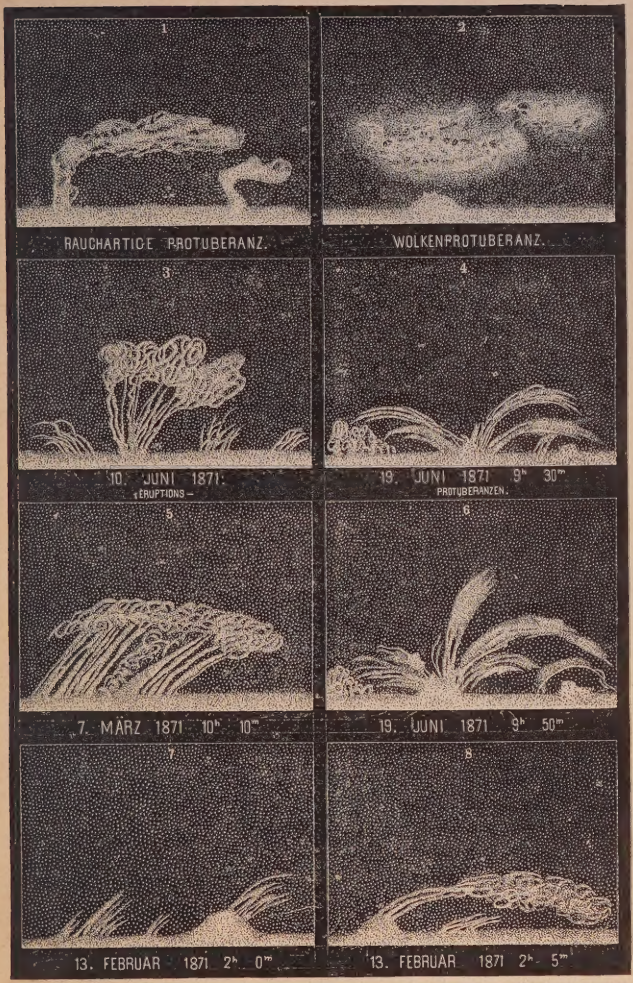

1
RAUCHARTIGE PROTUBERANZ.
2
WOLKENPROTUBERANZ.
3
10. JUNI 1871.
ERUPTIONS-
4
19. JUNI 1871 9h 30m
PROTUBERANZEN.
5
7. MÄRZ 1871 10h 10m
6
19. JUNI 1871 9h 50m
7
13. FEBRUAR 1871 2h 0m
8
13. FEBRUAR 1871 2h 5m

Fig. 17.

Fig. 18.

Man braucht also zur Erklärung der Protuberanzen nur anzunehmen, daß an einer Stelle der Chromosphäre eine plötzliche stärkere Wärmezufuhr aus dem Sonneninnern stattfindet,

nur machen die schon erwähnten zuweilen ganz gewaltigen Geschwindigkeiten des Aufsteigens die Erklärung schwierig. Man hat wegen derselben geglaubt, überhaupt nicht an materielle Fortbewegung der Gasteilchen denken zu dürfen, sondern lieber elektrische Entladungen in den Gasen anzunehmen. Abgesehen davon, daß die Formen der Protuberanzen meist nicht denjenigen elektrischer Entladungen entsprechen, scheint es einer solchen Deutung gar nicht zu bedürfen, sofern man eine andere Annahme zuläßt, nämlich die, daß wir es in der Chromosphäre nur mit äußerst verdünnten Gasen zu tun haben. Je dünner die Gase sind, um so geringer sind die Reibungen, welche aufsteigende Ströme zu erfahren haben, und um so größer können die Geschwindigkeiten werden. Für eine ganz unvorstellbar geringe Dichtigkeit der Gase oberhalb der Photosphäre, ja wahrscheinlich auch noch innerhalb der Photosphäre selbst, sprechen nun sehr viele Momente.

Die Spektralanalyse lehrt, daß die Linien von Gasen, die sich in sehr dicken Schichten befinden, verbreitert erscheinen. Nun haben wir bei den Protuberanzen stets Schichten von vielen Tausenden von Kilometern Dicke, und doch sind die Protuberanzlinien nicht breiter als die Linien, die von den wenige Millimeter dicken Schichten einer Geißlerschen Röhre (enges Glasrohr, in welchem sich die Gase, z. B. Wasserstoff, in sehr verdünntem Zustande befinden und durch den elektrischen Funken zum Leuchten gebracht werden) erzeugt werden. Man wird damit unmittelbar zu der Ansicht geführt, daß die Tausende von Kilometern dicken Schichten der Protuberanzen nicht wesentlich mehr Gasmoleküle enthalten als die dünnen Schichten einer solchen Geißlerschen Röhre. Darnach müssen diese Gase ganz unvorstellbar dünn sein.

Mit noch größerer Sicherheit wird man zum gleichen Resultat geführt, wenn man das Verhalten der sonnennahen Kometen betrachtet. Einige dieser sehr luftigen Gäste des Sonnensystems sind so nahe an der Sonne vorbeipassiert, daß sie die Regionen durcheilten, welche die höheren Protuberanzen erreichen. Nun hat man ihre Bahn sowohl vor dem Passieren der Sonne, als auch nachher genau ermitteln können und ist dabei zu den gleichen Werten gekommen. Der geringste Widerstand durch Reibung der Sonnenatmosphäre hätte sich hierbei in einer Veränderung der Bahn nach der Sonnennähe dokumentieren

müssen; das Fehlen jeglicher Störung beweist also das Fehlen der Reibung, mithin die außerordentliche Dünnheit der Sonnengase.

Man wird dadurch zu ganz eigentümlichen Betrachtungen geführt. Die Vorgänge auf der Sonnenoberfläche erscheinen uns in der gewaltigen Entfernung als ungeheure Umwälzungen sowohl in bezug auf die Geschwindigkeiten als auch in bezug auf die Dimensionen. Man macht dann unwillkürlich den Schluß, daß auch ungeheure Massen hierbei beteiligt wären, in der großen Entfernung sieht ja alles so kompakt aus. Und nun lernen wir hier, daß nur ganz geringe Massen in Frage treten, Massen, die vielleicht noch bequem nach Tausenden von Kilogrammen zu zählen sind.

Im Innern der Sonne befindet sich die Materie unter unvorstellbar gewaltigen Druckverhältnissen, sie ist daselbst ein Spielball von Druck und Temperatur, wir beobachten in den oberen Schichten nur die letzten Äußerungen der gewaltigen inneren Vorgänge in unvorstellbar dünn verteilter Materie.

Außer den bereits erwähnten Formen von Protuberanzen kommt noch eine ganz besondere Art vor. Dieselben ragen gewöhnlich nicht besonders weit über die Chromosphäre vor, zeichnen sich aber durch ihren intensiven Glanz vor den übrigen aus. Auch ihr Spektrum ist ein wesentlich anderes, indem außer den Linien der eigentlichen Protuberanz-Elemente noch die Linien vieler anderer, sonst nur in der Photosphäre vorkommender Elemente auftreten. Es sind dies vor allem Magnesium, Eisen und Natrium. Es bedarf gar keiner Frage, daß der Ursprung dieser Protuberanzen tiefer liegt als der der gewöhnlichen. Er muß in der Photosphäre selbst liegen, deren Gase teilweise mit in die Höhe gerissen werden.

Die Korona. Die Korona, oder die weitere Sonnenatmosphäre, ist nur bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbar; die spektroskopischen Methoden, die bei den Protuberanzen und den Fackeln die ständige Beobachtung ermöglicht haben, versagen bis jetzt gänzlich bei der Korona, weil eben deren Spektrum im wesentlichen ein kontinuierliches ist. In den letzten Jahren hat man allerdings bei fast allen totalen Sonnenfinsternissen direkte photographische Aufnahmen der Korona erhalten und ist dadurch doch einigermaßen über ihre Form und Konstitution ins klare gekommen.

Die Ausdehnung und Gestaltung der Korona ist einem ständigen Wechsel unterworfen, der sich besonders darin äußert, daß zu den Zeiten der Fleckenminima, wenn also die Sonnen-

tätigkeit überhaupt eine geringe ist, die Korona auch nur eine geringe Ausdehnung besitzt, während sie sich im Maximum häufig bis zu mehreren Sonnendurchmessern weit erstreckt.

Hiermit steht auch die äußere Form der Korona in engem Zusammenhange; denn im allgemeinen zeigt sie in den Verlängerungen der beiden uns schon bekannten Fleckenzonen ihre größte Ausdehnung, während sie an den Polen mehr abgeplattet ist. Der Zwischenraum zwischen den beiden Flecken-

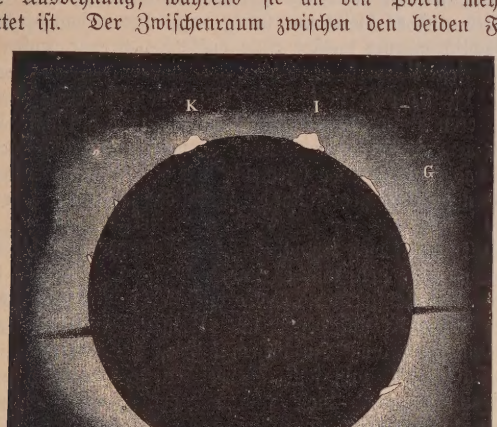


Fig. 19.

zonen, der Sonnenäquator, dokumentiert sich gewöhnlich als Defekt in der Korona, so daß dieselbe die Form zweier in der Richtung des Sonnenäquators liegenden, von der Sonne weggerichteten Fischschwänze zeigt.

Von besonderem Interesse sind die fast immer vorhandenen Strahlen der Korona, welche mehr oder weniger symmetrisch von der Sonne ausgehen, bald geradlinig, bald gekrümmt erscheinen und die Existenz einer besonderen Struktur der Korona lehren. Fig. 19 gibt ein ungefähres Bild von dem inneren, hellsten Teile der Korona nebst Protuberanzen während einer

totalen Sonnenfinsternis. Der dunkle Strich, der die Korona durchzieht, gehört nicht zu letzterer, sondern ist der Schatten eines im Fernrohr ausgespannten Fadens.

Das Spektrum der Korona ist im wesentlichen ein kontinuierliches, so daß man vermuten könnte, es rühre hauptsächlich vom reflektierten Sonnenlichte her. Das ist aber nicht der Fall, sondern nur ein geringer Teil des Lichtes ist reflektiertes, und es bleibt nur übrig anzunehmen, daß die Korona hauptsächlich eigenes weißes Licht aussendet, hervorgerufen durch glühende feste Körperchen. Außer dem kontinuierlichen Spektrum erzeugt die Korona nun auch noch eine sehr helle Linie im Grün, deren Natur man bisher noch nicht erkannt hat; sie gehört keinem der uns bekannten Elemente an, und man hat daher das hypothetische Element, welches in der Korona im glühenden gasförmigen Zustande vorhanden sein muß, Koronium genannt.

Unter den vielen Hypothesen, welche bisher über die Natur der Korona aufgestellt worden sind, erscheint die folgende immer noch als die plausibelste: Die Korona ist der äußerste Teil der Sonnenatmosphäre und besteht aus einem uns noch unbekannten Gase, dem Koronium. In diesem äußerst verdünnten Gase bewegen sich eine Unzahl fester Körperchen, entsprechend unseren Sternschnuppen, und diese sind bei der großen Sonnennähe einer so beträchtlichen Strahlung ausgesetzt, daß sie intensiv glühen und leuchten und das kontinuierliche Spektrum der Korona liefern.

Wir wissen nun ungefähr, wie die Sonne beschaffen ist, und wie also auch im allgemeinen die Fixsterne überhaupt beschaffen sein werden. Bevor wir jedoch zu dieser Verallgemeinerung übergehen, möge noch die Beziehung der Sonne zu unserer Erde etwas näher betrachtet werden, wenngleich dieselbe vielleicht nicht ganz strenge zu unserem Thema gehört. Aber die Sonne ist doch nun einmal die Mutter der Erde, letztere ist nicht bloß aus ihr entsprungen, sondern wird auch noch heute von ihr in Lebensfähigkeit erhalten. Würde die Sonne aufhören zu scheinen, so würde in sehr kurzer Zeit alles Leben auf der Erde zugrunde gehen; es ist deshalb für uns Menschen von großem Interesse, zu erforschen, ob die Sonne in absehbarer Zeit erlöschen wird, oder ob wir in dieser Beziehung

mit Ruhe in die Zukunft sehen können. Wir werden gleichzeitig dabei mancherlei erfahren, was uns bei der Lehre von der Konstitution der Fixsterne von Nutzen sein wird.

Wenn ein heißer Körper sich selbst überlassen bleibt, so strahlt er seine Wärme an die Umgebung aus und wird dadurch selbst allmählich kälter. Je kleiner der Körper ist, um so schneller erfolgt seine Abkühlung. Eine glühende Nähnadel ist in wenigen Sekunden schon so kalt geworden, daß man sie anfassen kann, ein Bügeleisen braucht hierzu vielleicht eine halbe Stunde, und so ist es klar, daß ein Körper von so gewaltigen Dimensionen wie unsere Sonne sehr lange Zeit zu ihrer Abkühlung bedarf. Die neuesten Untersuchungen haben ergeben, daß die Temperatur der Photosphäre, das ist die ausstrahlende Schicht, ungefähr 6000° beträgt. Die Ausstrahlung ist der hohen Temperatur entsprechend außerordentlich stark, wie wir ja täglich fühlen können, obgleich die Sonne 150 Millionen Kilometer von uns entfernt ist. Die Strahlungswirkung der Sonne auf unsere Erde läßt sich sogar zahlenmäßig ausdrücken. Die Sonne strahlt nämlich in jeder Minute auf jeden Quadratzentimeter soviel Wärme aus, daß dadurch die Temperatur von $2\frac{1}{2}$ Gramm Wasser um 1° erhöht werden kann, oder wie man dies technisch ausdrückt, $2\frac{1}{2}$ Grammkalorien. Daraus läßt sich der ständige Wärmeverlust der Sonne berechnen, und man findet ihn zu 36 mit 31 Nullen Grammkalorien! Demnach läßt sich weiter berechnen, daß die Temperatur der Sonne jährlich um 3° heruntergehen müßte, oder vor etwa 1500 Jahren hätte sie etwa doppelt so hoch sein müssen, als sie jetzt ist. Dies ist aber vollständig ausgeschlossen, wie sich leicht zeigen läßt. Wenn die Temperatur um das Doppelte steigt, so wächst die Strahlung um das 16 fache. Der Strahlungseffekt auf die Erde beträgt nun zur Zeit ungefähr 88° — die Temperatur der Erdoberfläche würde ohne Sonnenstrahlung — 73° betragen, sie beträgt aber jetzt + 15°, also bewirkt die Sonnenstrahlung eine Temperaturerhöhung von 88°. — Vor 1500 Jahren hätte dann die Erdtemperatur um $16 \times 88°$, d. h. um 1400° höher sein müssen, woran ja gar kein Gedanke sein kann. Ja geht man sogar um 5000 bis 6000 Jahre zurück, so lehrt die Geologie, daß für Europa wenigstens die Temperatur damals eher tiefer als höher war, wie die Eiszeiten andeuten.

Es ist also klar, daß schon seit vielen Jahrtausenden auf der Sonne eine Kraft wirksam sein muß, welche die durch die Ausstrahlung bedingte Temperaturerniedrigung ganz oder doch wenigstens zum größten Teile ausgleicht. Von den vielen Hypothesen, welche hierüber aufgestellt worden sind, möge nur eine, nämlich diejenige, welche die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat, hier dargelegt werden. Wenn ein Körper auf der Erde fällt, so wird dadurch Wärme erzeugt, ebenso natürlich entsprechend auf der Sonne. Nun ist die Sonne früher zweifellos viel größer gewesen als jetzt, das lehren ja die Planeten, die doch nur von der Sonne abgeschieden worden sind, folglich ist die Sonnenmaterie im Laufe der Zeiten allmählich immer mehr nach ihrem Mittelpunkte hin gefallen, und dabei ist Wärme erzeugt worden.

Man kann leicht ausrechnen, daß, wenn sich der Sonnendurchmesser jetzt auch nur um $^1/_{10000}$ seines Betrages zusammenzöge, hierdurch so viel Wärme erzeugt wird, daß dadurch der Wärmeverlust durch Strahlung für 6000 Jahre gedeckt wäre. So genau läßt sich aber vorläufig selbst mit den besten Instrumenten der Durchmesser der Sonne gar nicht messen, mithin ist ein Einwurf gegen diese Hypothese aus Beobachtungen nicht zu erheben.

Soviel steht fest, daß die Temperatur der Sonne weit langsamer abnimmt, als sie nach ihrer Ausstrahlung abnehmen müßte, und daß eine so beträchtliche Verminderung ihrer Temperatur, daß dadurch das Leben auf der Erde in Frage gestellt werden könnte, erst nach Millionen von Jahren zu erwarten ist. Wir brauchen uns also vorläufig hierüber keine Sorgen zu machen; immerhin aber wird der Tod der Erde doch einmal eintreten: das Ende aller Dinge ist eben stets der Tod.

V. Kapitel.

Die Fixsterne und die Nebelflecken.

Die Spektralanalyse lehrt, daß die Fixsterne, ähnlich wie unsere Sonne, glühende Gaskörper sind von mächtigen Dimensionen; wenngleich sie auch im Fernrohr nur als Punkte erscheinen, wegen ihrer ungeheuren Entfernung. Schon mit bloßem Auge kann man sehr verschiedenartige Färbungen der Fixsterne erkennen, vom reinsten Weiß bis zum tiefsten Rot durch Gelb und Orange hindurch, und daraus folgt schon, daß der physikalische Zustand nicht bei allen der gleiche sein kann, sondern daß merkliche Verschiedenheiten zu erwarten sein werden.

Bei der Untersuchung der Fixsterne ist nun eine wesentliche Beschränkung durch ihre Entfernung gegeben. An einem fast mathematischen Punkte können natürlich Einzelheiten nicht erkannt werden, wie Flecken, Fackeln und Protuberanzen. Nur das Gesamtspektrum ist der Forschung zugänglich; aber im Vergleich mit dem, was wir bei der Sonne im einzelnen erfahren haben, genügt auch das Spektrum allein, um über die Hauptsachen zu einer klaren Anschauung zu gelangen.

Eine große Zahl von Fixsternen, etwa ein Drittel oder ein Viertel aller, besitzt ein Spektrum, welches dem unserer Sonne außerordentlich ähnlich ist; bei einzelnen geht die Ähnlichkeit bis in die kleinsten Details, so daß man, wenn beide Spektra im gleichen Apparate photographiert werden, überhaupt nicht erkennen kann, welches von ihnen der Sonne und welches dem betreffenden Sterne angehört. Es folgt daraus unmittelbar, daß auch die Konstitution dieser Sterne genau derjenigen der Sonne entsprechen muß, daß also auch sie auf ihrer Oberfläche, resp. Photosphäre die Erscheinungen der Flecken usw. aufweisen werden. Diese Sterne zeichnen sich auch durch ihre Farbe vor den übrigen aus, es sind die gelblichen Sterne, wie z. B. Kapella, der helle Stern im Sternbilde des Fuhrmann.

Man hat nun erkannt, daß sich die Fixsterne in drei verschiedene Spektraltypen trennen lassen, die dann weiterhin noch in Unterabteilungen zu zerlegen sind, die aber innerhalb der Typen schon durch die Gleichheit der Farbe vereinigt erscheinen. Wie wir später sehen werden, gibt diese Klassifikation zugleich ein Bild von der Entwicklungsgeschichte der Sterne.

1. Typus. Die weißen Sterne.

Das Spektrum ist kontinuierlich, vom äußersten Rot bis ins äußerste Violett. In demselben zeigen sich fast nur die Wasserstofflinien und zwar meistens sehr kräftig und verwaschen; bei ganz wenigen Sternen sind diese Wasserstofflinien hell, bei der weit überwiegenden Zahl sind sie dunkel. Andere Linien sind meist nur verhältnismäßig schwach vorhanden, auch ihre Zahl ist gering; sie deuten auf die Anwesenheit von Helium, Natrium, Magnesium, Kalzium und Eisen hin. Zu dieser Klasse gehört z. B. der hellste Stern an unserem Himmel, Sirius.

2. Typus. Die gelben Sterne. (Sonnentypus.)

Das Spektrum ist kontinuierlich vom äußersten Rot bis zum äußersten Violett, doch ist letzteres recht lichtschwach. Das ganze Spektrum ist mit zahllosen dunklen Linien durchzogen, von denen die Wasserstofflinien noch immer recht hervorragend, doch nicht die allerstärksten sind. Die Linien des Kalziums im Violett sind die kräftigsten. Das Spektrum ist identisch mit demjenigen der Sonne; durch die dunklen Linien sind diejenigen Metalle angedeutet, welche bereits bei Gelegenheit des Sonnenspektrums erwähnt wurden.

3. Typus. Die roten Sterne.

Das kontinuierliche Spektrum erstreckt sich vom äußersten Rot bis zum Beginn des Violett, vom eigentlichen Violett sind nur noch Spuren wahrzunehmen. Wie beim zweiten Typus ist das ganze Spektrum von Linien durchzogen, die noch kräftiger und dunkler sind, als bei jenem; die Wasserstofflinien treten nicht mehr auffallend hervor. Ganz besonders charakteristisch sind im Rot, Gelb und Grün eine Anzahl von kräftigen breiten dunklen Bändern, die nach einer Seite hin scharf begrenzt sind, während sie nach der anderen ganz allmählich und verwaschen verlaufen. Ein Vertreter dieser Klasse ist der helle

rote Stern im Sternbilde des Orion, der die oberste Spitze des bekannten Kreuzes bildet.

Als sehr wichtige Tatsache ist zu betonen, daß sich zwischen der ersten und zweiten und der zweiten und dritten Klasse alle möglichen Übergänge finden, so daß es bei manchem Sterne schwierig ist, zu entscheiden, zu welcher Klasse man ihn rechnen soll.

Nach dieser summarischen Übersicht wollen wir nun die einzelnen Klassen etwas genauer studieren, und zwar immer im Vergleich mit dem Sonnentypus, der uns ja am besten bekannt ist.

Typus 1. Als reinste Form dieses Typus ist ein kontinuierliches Spektrum zu betrachten, in welchem nur die Wasserstofflinien als breite dunkle Bänder vorhanden sind. Nach den Sätzen der Spektralanalyse folgt hieraus, daß bei den betreffenden Sternen die oberste Schicht der Photosphäre nur aus Wasserstoff besteht und andere glühende Metalldämpfe nicht enthält; die letzteren sind also erst in tieferen Schichten vorhanden. Die bedeutende Breite der Linien deutet an, daß die Wasserstoffatmosphäre eine sehr mächtige sein muß, oder daß die Temperatur derselben eine sehr hohe ist; wie wir weiter unten sehen werden, sind beide Ursachen in Wirklichkeit maßgebend.

Das Aussehen der Wasserstofflinien ist nun keineswegs bei allen Sternen des 1. Spektraltypus das gleiche, vielmehr sind sehr merkliche Unterschiede vorhanden, durch die wir glücklicherweise in die Lage versetzt werden, genaueres über die Wasserstoffatmosphäre zu ermitteln.

Zu diesem Zwecke stellt man am besten das Aussehen der Wasserstofflinien graphisch dar, wie in der nachstehenden Fig. 20. Der horizontale Teil der Kurven bedeutet hierbei die gleichförmige Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums; eine Einsenkung entspricht einer Abnahme der Helligkeit, also einer dunklen Linie, eine Erhebung einer Zunahme der Helligkeit, also hellen Linien. Die Kurven 1, 2 und 3 stellen nun breite Wasserstofflinien dar, bei denen die Dunkelheit vom Rande aus nach der Mitte ständig zunimmt; bei Nr. 3 ist die Dunkelheit der Linie am größten, bei Nr. 1 ist sie nur gering. Die Kurven 4 bis 6 zeigen Linien an, bei denen die Dunkelheit nicht bis zur Mitte der Linie zunimmt, sondern nur bis zu einer gewissen Entfernung davon; dann tritt eine neue geringe

Aufhellung ein (Kurve 4) oder es bleibt nahe gleichförmige Dunkelheit (Kurve 5). Kurve 6 zeigt eine Linie, bei der die Dunkelheit gleich nach Beginn durch eine Erhellung, die etwa die Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums erreicht, wieder aufgehoben wird. Es ist klar, daß in diesem Falle überhaupt kaum etwas von einer dunklen Linie zu sehen ist, d. h. daß das Spektrum beinahe rein kontinuierlich erscheint. Die Kurven 7 und 8 entsprechen hellen Wasserstofflinien. Bei Nr. 7 ist noch der Beginn der Dunkelheit zu erkennen und dann folgt eine beträchtliche Zunahme der Helligkeit, bei Nr. 8 ist alles durch die allzumächtige Helligkeit überstrahlt.

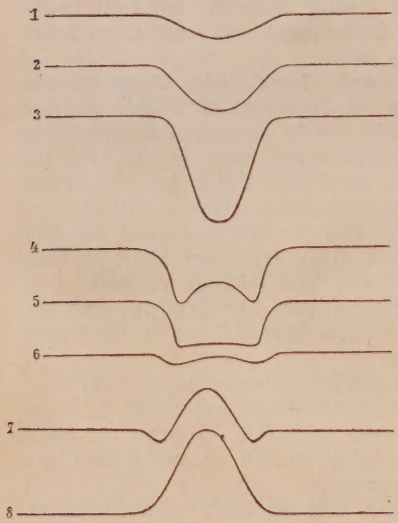


Fig. 20.

Bei aufmerksamer Betrachtung dieser Kurven erkennt man leicht, daß die Kurven 4 bis 8 aus den Kurven 1 bis 3 durch graduelle Überlagerung der dunklen Linie durch eine helle zu deuten sind. In den Fällen 4 bis 6 ist die Helligkeit der überlagernden hellen Linien geringer als die des kontinuierlichen Spektrums, daher die Linie im ganzen noch als dunkel erscheint; bei 7 und 8 ist die Helligkeit der hellen Linie eine größere, also erscheint das Ganze als helle Linie.

Es fragt sich nun, wie dies physikalisch zu deuten ist. Nach den spektralanalytischen Sätzen ist die Erscheinung nur durch die Annahme zweier Wasserstoffschichten um den Stern herum zu deuten, von denen die innere kälter ist als die Photosphäre, also dunkle Absorptionslinien gibt, während die äußere heißer ist, also helle Linien erzeugt. Eine solche Konstitution kann man sich aber nur schwer vorstellen; denn jeder heiße

Körper, der seine Hitze ausstrahlt, muß eben wegen seiner Ausstrahlung nach außen hin kühler sein als nach innen. Wie soll sich nun eine heißere Schicht permanent außen um einen Stern herum halten können?

Man wird daher nach einer besseren Erklärung suchen müssen, und die findet sich leicht daraus, daß gleichzeitig dunkle und helle Linien auch in einem Spektrum vorhanden sein können, wenn zwei nebeneinander befindliche Lichtquellen ihr Licht ins Spektroskop senden, dann braucht die Temperatur des Gases, welches die hellen Linien gibt, nicht höher zu sein als die der Photosphäre. Zwei solche nebeneinander befindliche Lichtquellen hat aber jeder Stern aufzuweisen, dessen Wasserstoffatmosphäre sehr ausgedehnt ist. Die nebenstehende Fig. 21 möge den Durchschnitt durch einen solchen Stern schematisch darstellen. Die innere schraffierte Scheibe gebe den Umfang des eigentlichen Sterns bis zu seiner Photosphäre an, die äußere Scheibe stellt die Ausdehnung der glühenden Wasserstoffatmosphäre dar. Nun ist es klar, daß das aus der Photosphäre kommende Licht durch die kühlere Wasserstoffatmosphäre hindurch muß, dabei Absorption erleidet und also die dunklen Wasserstofflinien gibt. Aber das Licht, welches von dem umgebenden Ringe kommt, hat mit der Photosphäre nichts zu tun, ist reines Wasserstofflicht und gibt also helle Wasserstofflinien, die sich auf die dunklen projizieren. Je nach der Höhe der Atmosphäre im Verhältnis zum Durchmesser des eigentlichen Sterns werden die durch die Kurven dargestellten Erscheinungen auftreten; bei sehr beträchtlicher Höhe wird schließlich die Helligkeit des Wasserstofflichtes überwiegen: der Stern wird im Spektrum helle Linien zeigen.

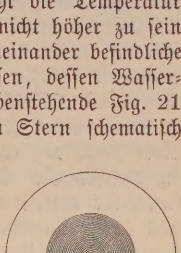


Fig. 21.

Wir wissen also jetzt, inwiefern sich die Sterne der 1. Spektralklasse von denen der 2., des Sonnentypus unterscheiden: durch eine mächtigere Wasserstoffatmosphäre und dadurch, daß die oberste Schicht der Photosphäre keine oder nur sehr wenige andere Elemente als Wasserstoff enthält. Es sind nun alle Übergänge bis zum 2. Typus vorhanden, indem bei einzelnen Sternen die Zahl der anderen Metallinien schon recht beträchtlich ist, während die Wasserstofflinien an Mächtigkeit

abgenommen haben. Der helle, aber bereits etwas gelblich gefärbte Stern Procyon weist schon hunderte von dunklen Linien auf und steht so ziemlich in der Mitte zwischen den beiden Spektraltypen, so daß man nicht recht weiß, zu welchem man ihn rechnen soll.

Ebenso findet nun ein Übergang statt vom 2. Typus zu dem

Typus 3. Die dunklen Metallinien werden immer kräftiger und zahlreicher, besonders im Blau und Violett, so daß schließlich daselbst fast alles Licht absorbiert ist. Das Spektrum gewinnt eine fast vollständige Ähnlichkeit mit dem Spektrum der Sonnenflecken, so daß die Sonne, wenn ihre Oberfläche zum größeren Teile mit Flecken bedeckt wäre, sicherlich ein Spektrum der 3. Klasse geben würde. Man kann sich daher die Konstitution eines Sternes der 3. Klasse als eines solchen der 2. denken, in welchem die Erscheinung der Sonnenflecken nur sehr viel intensiver auftritt als auf unserer Sonne. Neu hinzu kommen noch die eigentümlichen, einseitig verwaschenen Bänder im Spektrum, die im allgemeinen charakteristisch sind für chemische Verbindungen. Bei den meisten Sternen dieser Art hat man bisher über die Natur dieser chemischen Verbindungen noch keinen Aufschluß erhalten, bei einigen jedoch, die sich durch eine besonders intensiv rote Färbung auszeichnen, hat man sie als Kohlenwasserstoff erkannt, der ja auch in den Kometen eine wichtige Rolle spielt. Zieht man beim 3. Typus das Fazit, so ergibt sich folgendes: Die Wasserstoffatmosphäre ist entschieden geringer als beim 2. Typus, dagegen ist die oberste Schicht der Photosphäre noch reichhaltiger an absorbierenden Gasen geworden, resp. was auf dasselbe hinauskommt, die Fleckenbildung ist eine viel stärkere geworden. Die Temperatur in der Sonnenatmosphäre muß bereits so heruntergegangen sein, daß sich chemische Verbindungen haben bilden können.

Verfolgt man die Erscheinung der verschiedenen Spektraltypen mit ihren Übergängen, so kann man sich der Überzeugung nicht verschließen, daß das, was man bei den verschiedenen Sternen nebeneinander bestehen sieht, in deutlichen Zügen die Entwicklungsgeschichte der Fixsterne darstellt, und zwar wie sie gegeben ist von ihrem ersten Entstehen bis zu ihrem Vergehen, bis zu ihrem Erlöschen infolge der allmählichen Abkühlung im Laufe der Jahrmillionen.

Im ersten Stadium der Sterne — über den eigentlichen Anfang wollen wir ja aus den in der Einleitung angegebenen Gründen nicht reden — sind die Photosphären mit einer mächtigen Wasserstoffatmosphäre umgeben. Die Photosphäre selbst schwebt in dieser Wasserstoffatmosphäre, die übrigen Metallgase befinden sich in größerer Tiefe. Durch die Abkühlung zieht sich der Stern und damit auch seine Atmosphäre immer mehr zusammen, so daß die Photosphäre allmählich in die tieferen Regionen gelangt, in denen sich andere gasförmige Elemente befinden. Infolge der bei der Zusammenziehung entstehenden Wärme wird die Temperaturabnahme sehr verzögert, so daß die Sterne in den einzelnen Stadien sehr lange verweilen werden.

Nachdem das Stadium der 2. Spektralklasse erreicht ist, wird die Zusammenziehung langsam weitergehen; die Wasserstoffatmosphäre nimmt immer mehr ab, und die Menge der Metallgase in und oberhalb der Photosphäre nimmt immer mehr zu. Ob dies für die ganze Oberfläche der Sterne gleichförmig vor sich geht, oder diskontinuierlich durch Zunahme der Fleckenerscheinung, läßt sich zunächst nicht feststellen; daß das letztere jedenfalls bei manchen Sternen der Fall ist, werden wir weiter unten plausibel machen können. Die Temperatur nimmt auf den Sternen nun immer weiter ab, bis sie schließlich so gering geworden ist, daß sich chemische Verbindungen bilden können. Damit ist der Zustand der 3. Spektralklasse erreicht, das Endstadium der leuchtenden Sterne. Mit fortschreitender Abkühlung und dabei zunehmender Absorption wird der Stern schwächer und schwächer werden, bis er endlich sowohl für das bloße Auge als auch für das Fernrohr unsichtbar wird und als gleichsam toter Körper für uns verschwindet. Zuweilen ist aber das Erlöschen des Lebens nur ein scheinbares, nach vielleicht vieltausendjähriger Ruhe flackert es von neuem auf, um als plötzlich entstandener neuer Stern den Astronomen schwere Rätsel aufzugeben.

Die Richtigkeit der der Entwicklungsgeschichte der Sterne zugrunde liegenden Anschauung läßt sich unmittelbar auf spektroskopischem Wege wahrscheinlich machen, indem es gelungen ist, die Photosphärentemperatur bei den Sternen der drei Spektralklassen annähernd zu bestimmen. Dies ist durch das eigentümliche Verhalten zweier Spektrallinien des Magnesiums ermöglicht, die beide im Blau gelegen sind, und die beide in bezug auf

ihre Kraft und Breite in einem gewissen Gegensatze zueinander stehen. Die erste dieser Linien ist in den Spektren der 1. Klasse meist äußerst kräftig und breit, fast so wie die Wasserstofflinien; in der 2. Klasse, also im Sonnenspektrum, ist sie bereits viel schwächer, aber immer noch deutlich wahrnehmbar, in der 3. Spektralklasse läßt sie sich mit Sicherheit nicht nachweisen. Umgekehrt verhält sich die zweite Linie: In der 1. Klasse fehlt sie, im Sonnenspektrum ist sie gut zu sehen, und beim 3. Typus ist sie fast die stärkste Linie des ganzen Spektrums.

Eine entsprechende Erscheinung läßt sich nun im Laboratorium leicht reproduzieren. Läßt man einen starken elektrischen Funken zwischen Magnesiumdrähten überspringen, so ist die Linie 1 äußerst kräftig, Linie 2 fehlt dagegen oder ist kaum zu erkennen. Im elektrischen Flammbogen zwischen Kohleelektroden ist bei Zusatz von Magnesium 1 kaum zu sehen, 2 kräftig und gut zu sehen; im brennenden Magnesium fehlt 1 gänzlich. Da man zur Zeit über die inneren Vorgänge bei elektrischen Entladungen erst sehr wenig weiß, so liegt es am nächsten, das eigentümliche Verhalten der beiden Linien im wesentlichen auf Temperaturunterschiede zurückzuführen. Nun liegt die Temperatur des brennenden Magnesiumdampfes unter 3000°, diejenige des elektrischen Flammbogens etwa zwischen 3500° bis 5000°, und diejenige stark gespannter elektrischer Funken ist jedenfalls höher, wenngleich man hierfür bestimmte Zahlen kaum angeben kann.

Es ist also zu schließen: Die Temperatur der Oberfläche oder der Photosphäre der weißen Sterne (1. Spektraltypus) ist höher als diejenige der 2. Klasse, der gelben Sterne. Die Temperatur bei dieser 2. Klasse ist etwas höher, als die des elektrischen Lichtes zwischen Kohleelektroden, also wohl höher als 5000°; die der 3. Klasse, der roten Sterne, ist wesentlich tiefer. Für die Sonne, also für die 2. Spekralklasse, läßt sich diese Angabe prüfen durch die direkten Temperaturbestimmungen aus der Sonnenstrahlung, wir hatten hierfür bereits angegeben den Temperaturwert von 6000°, es herrscht also gute Übereinstimmung zwischen beiden Ermittelungen.

Man hat auch schon Untersuchungen darüber angestellt, wie die Sterne der verschiedenen Spektralklassen ihrer Zahl nach am Himmel verteilt sind. Hierbei hat sich ergeben, daß etwa die Hälfte aller Sterne der 1. Klasse angehört, und

daß von der anderen Hälfte $^3/_4$ der 2. Klasse und $^1/_4$ der 3. Klasse angehören. An dieses Ergebnis kann man nun die Frage anknüpfen, weshalb die Anzahl der Sterne immer geringer wird, je weiter ihre Verdichtung und Abkühlung vorgeschritten ist.

Man könnte dieselbe durch die Annahme beantworten, daß die Bildung der Sterne in unserem Sternsystem nahe gleichzeitig begonnen habe, und daß alsdann, da der Grad der Abkühlung innerhalb gegebener Zeit von der Masse des Sternes abhängt, die weißen Sterne die größten seien und die roten die kleinsten. Unsere Sonne würde dann ein Stern mittlerer Größe sein, und die übrigen Sterne wären in ihrer Hauptanzahl beträchtlich größer als unsere Sonne.

Es ist klar, daß unter allen Umständen infolge der verschiedenen Massen die einzelnen Sterne eine sehr verschieden lange Zeit zu ihrer Entwickelung bedürfen werden, und daß daher die obige Erklärung nicht ohne weiteres von der Hand gewiesen werden darf. Aber gerade die Art der Verteilung in den Spektralklassen deutet darauf hin, daß diese Erklärung unwahrscheinlich ist; denn man muß annehmen, daß die Massen der Sterne bei der großen Anzahl nach dem Zufall verteilt sind, daß also die mittleren Massen am häufigsten und die größeren oder kleineren am wenigsten häufig auftreten. Hiernach müßte die größte Anzahl der Sterne etwa einem mittleren Spektralzustande, also jedenfalls nicht der 1. Klasse angehören. Ich glaube, daß die einzige nach dem jetzigen Wissen mögliche Erklärung der Verteilung der Spektraltypen die folgende ist.

Wenn das uns sichtbare Sternsystem tatsächlich in der Unendlichkeit des Weltalls eine Insel ist — es möge in dieser Beziehung auf das letzte Kapitel verwiesen werden —, so kann dieselbe unbeschadet der zeitlichen Unendlichkeit des Weltalls doch für sich einen Entwickelungsanfang haben. Dieser Anfang braucht aber durchaus nicht in der Weise erfolgt zu sein, daß nahe gleichzeitig alle Sterne in den Zustand gelangt sind, bei welchem der Begriff eines Sterns überhaupt anfängt, sondern die Dauer des Anfangs kann von derselben Ordnung sein wie etwa die Dauer des Entwickelungsganges eines Sterns. Während dieser Zeit, und es ist kein Grund vorhanden, weshalb wir uns nicht mehr in derselben befinden sollten, findet ein Entstehen und Vergehen statt, alle Zwischenstufen zwischen beiden

sind vorhanden, und das absolute Alter der Sterne ist nach dem Zufall verteilt. Da dies mit der Masse der Sterne ebenfalls der Fall ist, so ist auch das relative Alter nach dem Zufall verteilt, und man müßte demnach alle Spektralklassen gleich häufig antreffen, wenn die Dauer des Verweilens innerhalb derselben für alle Klassen die gleiche wäre. Dies ist aber entschieden nicht der Fall, sondern die Dauer desjenigen Zustandes, in welchem das Gestirn noch wesentlich verdichtungsfähig ist, muß die längere sein, weil durch diesen Prozeß ein Ersatz der durch Ausstrahlung verloren gegangenen Wärme und damit ein längeres Erhalten der höheren Temperaturgrade stattfindet.

Die größte Fähigkeit der Verdichtung besitzen aber naturgemäß die am wenigsten verdichteten Sterne, also diejenigen der 1. Klasse, dann folgen diejenigen der 2. und schließlich diejenigen der 3. Klasse. Diese Annahme erklärt ungezwungen das Verhalten der einzelnen Typen, ja man könnte vielleicht umgekehrt aus demselben auf die relative Dauer des Verweilens in den Spektralklassen schließen, und würde hierbei zu dem Resultate gelangen, daß ein Stern doppelt so lange im Zustande I bleibt als im Zustande II, und in diesem wiederum viermal so lange als in III.

Wir haben nun hiermit die verschiedenen Konstitutionen der Fixsterne, so wie die überwiegende Menge derselben sie besitzt, in ihren allgemeinen Zügen kennen gelernt. Es gibt aber einzelne Sterne, im Verhältnis zur Gesamtzahl allerdings nur sehr wenige, die sich durch besondere Eigentümlichkeiten auszeichnen und daher auch ein spezielles Interesse erregen. Hierunter sind in erster Linie diejenigen zu rechnen, deren Helligkeit nicht eine konstante ist, sondern bestimmten Schwankungen, oft sehr starken, in größeren oder kleineren Zeiträumen ausgesetzt ist. Man nennt diese Sterne, deren bis jetzt etwa 400 bekannt sind, veränderliche Sterne. Die Erscheinung des Lichtwechsels bei den verschiedenen Veränderlichen ist eine so mannigfaltige, daß man ohne weiteres auf den Gedanken kommen muß, daß es auch mehrere verschiedene Ursachen hierfür geben wird. Man kann von diesem Standpunkte aus die Veränderlichen in drei Gruppen unterscheiden, die hier einzeln besprochen werden mögen.

Gruppe I. Sämtliche Sterne sind orange oder rot gefärbt, gehören also fast alle der 3. Spektralklasse an. Der

Lichtwechsel verläuft in Perioden von einigen Monaten bis zu mehreren Jahren, bei den meisten liegt er zwischen $^3/_4$ und 1 Jahr. Die Periodendauer ist niemals genau konstant, häufig finden sehr beträchtliche Schwankungen statt, die bei einigen Sternen so stark sind, daß überhaupt eine bestimmte Periode nicht mehr anzugeben ist und der Stern seine Helligkeit ganz unregelmäßig ändert. Die Helligkeitsunterschiede zwischen Maximum und Minimum sind meist ziemlich groß, häufig viele Größenklassen umfassend, so daß die Sterne im Minimum zuweilen auch in mächtigen Fernrohren unsichtbar sind. Besonders charakteristisch ist der Umstand, daß die Helligkeit vom Minimum bis zum Maximum meist viel schneller anwächst, als vom Maximum zum Minimum abnimmt.

Die Erklärung der Veränderlichkeit bereitet bei den Sternen dieser Gruppe keine besonderen Schwierigkeiten, nachdem wir die Konstitution der Sterne der 3. Spektralklasse kennen gelernt haben. Entsprechend dieser Konstitution ist anzunehmen, daß auf diesen Sternen die Fleckenerscheinung in ungleich stärkerem Maße vorhanden ist als auf der Sonne, daß sie aber auch wie auf dieser starken periodischen Schwankungen ausgesetzt ist. Gleichzeitig müßte angenommen werden, daß, abgesehen von den sehr unregelmäßigen Veränderlichen, die Perioden in sehr viel kürzerer Zeit verlaufen als auf der Sonne, wo die Periode 11 Jahre umfaßt; es ist aber durchaus nichts gegen die Annahme anzugeben, daß mit der Zunahme der Intensität der Fleckenerscheinung eine Verkürzung der Periode verbunden ist. Schließlich muß darauf hingewiesen werden, daß sich die periodische Änderung der Fleckenhäufigkeit bei unregelmäßiger Verteilung der Flecken auf der Photosphäre auch mit der Rotation des Fixsterns verbindet; ja es ist keineswegs ausgeschlossen, daß bei einigen besonders kurz periodischen Veränderlichen der Hauptbetrag des Lichtwechsels durch die Rotation bedingt ist. Der Hauptpunkt, der für die Richtigkeit der Erklärung der Veränderlichkeit durch periodische Änderungen der Fleckenhäufigkeit spricht, ist der bereits hervorgehobene, daß die Zunahme der Helligkeit schneller erfolgt als die Abnahme, eine Erscheinung, die sich bei der Fleckenperiode der Sonne im gleichen Sinne zeigt.

Gruppe II. Sämtliche Sterne sind weiß oder gelblich gefärbt, gehören also der 1. oder 2. Spektralklasse an. Der

Lichtwechsel geht im Verhältnis zur Gruppe I mit großer Regelmäßigkeit vor sich, unter Umständen fast auf die Sekunde genau, doch kommen geringe und allmählich verlaufende Änderungen der Periodendauer vor. Die Periode selbst ist sehr kurz, von wenigen Tagen bis zu wenigen Stunden (4 Stunden) herab. Der Umfang der Lichtänderung ist meist nicht groß und überschreitet zwei Größenklassen nur sehr selten. Man kann bei diesen Sternen noch zwei Unterabteilungen unterscheiden: a) den Algoltypus, nach dem charakteristischsten und am genauesten erforschten Vertreter dieser Abteilung, dem Sterne Algol im Perseus benannt, und b) den Lyratypus, nach dem Sterne β im Sternbilde der Lyra so bezeichnet.

Die Sterne vom Algoltypus sind während des größten Teiles ihrer Periode von gleichförmiger Maximalhelligkeit, der Lichtwechsel selbst, bestehend in einer plötzlich beginnenden Abnahme des Lichtes mit nachheriger Zunahme, spielt sich in verhältnismäßig kurzer Zeit ab. So beträgt z. B. bei Algol die Dauer der Periode 2 Tage 21 Stunden, der Lichtwechsel selbst nur 9 Stunden.

Beim Lyratypus hat man gewöhnlich zwei Maxima und zwei Minima von verschiedener Intensität während einer Periode zu unterscheiden. Bei β-Lyra z. B. ist der Verlauf des Lichtwechsels der folgende: Im Hauptminimum hat er die Größe 4,5 und erreicht nach 3 Tagen und 3 Stunden das erste Maximum in der Größe 3,4. In weiteren 3 Tagen 6 Stunden sinkt er zum Nebenminimum in der Größe 3,9 herab, erhebt sich wieder in 3 Tagen 3 Stunden zum Maximum 3,4 und erreicht dann nach 3 Tagen 10 Stunden wieder das Hauptminimum der Helligkeit. Bei anderen Sternen dieser Gruppe verläuft die Erscheinung etwas weniger symmetrisch.

Die außerordentliche Regelmäßigkeit des Lichtwechsels bei den Sternen der Gruppe II lehrt schon ohne weiteres, daß hierfür Vorgänge physikalischer Natur wie bei der ersten Gruppe nicht maßgebend sein können. Derartige Erscheinungen sind stets mit starken Schwankungen verbunden. Es kann sich also hierbei nur um Bewegungsvorgänge handeln, die bestimmten und dabei verhältnismäßig einfachen Gesetzen unterworfen sind.

Wir haben bereits im 2. Kapitel die Doppelsterne kennen gelernt, die ihre Bahnen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt beschreiben. Wir haben auch schon erfahren, daß viele

derartige Objekte gefunden sind, bei denen der Abstand der beiden Sterne so gering ist, daß nur in den mächtigsten Fernrohren eine Trennung derselben noch eben möglich ist. Es erscheint daher als selbstverständlich, daß damit die Grenze der Existenz von Doppelsternen durchaus nicht gegeben ist, daß vielmehr noch viel engere Doppelsterne in großer Zahl vorhanden sein werden, deren Trennung wegen ihres geringen Abstandes niemals gelingen wird, bei noch so großer Vervollkommnung der Fernrohre. Je näher nun zwei Körper einander sind, um so schneller müssen sie sich umeinander bewegen, wie das ja schon das Beispiel unserer Planeten lehrt. Die kürzeste Umlaufszeit, die bei einem trennbaren Doppelstern bisher gefunden ist, beträgt 7 Jahre; es ist also durchaus nicht unwahrscheinlich, daß es solche von noch viel kürzerer Umlaufszeit bis zu Tagen, ja Stunden hinab, geben wird. Es ist dann nur noch die weitere Annahme erforderlich, daß bei einigen derartig engen Systemen ihre Bahnebene gerade auf uns zu gerichtet ist, um eine Erklärung für die Veränderlichen der Gruppe II zu haben: gegenseitige Verdeckung oder Verfinsterung während eines jeden Umlaufs.

Man könnte gegen den kontinuierlichen Übergang von den optisch wahrnehmbaren Doppelsternen bis zu den Veränderlichen der Gruppe II den Einwurf erheben, daß ein solcher Übergang bisher noch nicht konstatiert worden ist; es sind keine Veränderlichen der Gruppe II von Perioden von mehreren Jahren oder Monaten bekannt; es ist ein Sprung zwischen den 7 Jahren und den wenigen Tagen vorhanden. Dieser Einwurf bleibt aber nicht stichhaltig, wenn man bedenkt, daß die Wahrscheinlichkeit, daß unsere Erde sich genau in der Bahnebene der beiden Körper befindet, um so geringer wird, je weiter der Abstand und damit die Umlaufszeit der Körper ist. Man hat ferner früher gegen die Richtigkeit der Erklärung der Veränderlichen von Gruppe II das Bedenken erhoben, daß zwei so nahe aneinander befindliche Sterne nicht auf die Dauer bestehen könnten, da wegen der enormen gegenseitigen Anziehung die Gase, welche die Sterne bilden, zu einander hingezogen würden und so die beiden Körper gleichsam zu einem einzigen verschmölzen.

Eine derartige Wirkung der Anziehung, die sich auf unserer Erde ja durch die Mondflut bemerkbar macht, besteht

natürlich, ist aber selbst bei sehr großer Annäherung der Körper noch nicht so stark, daß dadurch die Existenz derselben in Frage gezogen würde.

Alle derartige Bedenken haben nun seit einigen Jahren überhaupt keine Bedeutung mehr, seitdem es unter Anwendung des Dopplerschen Prinzips im Spektroskop möglich geworden ist, aus der Verschiebung der Linien direkt die Existenz der Doppelsternnatur bei einigen Veränderlichen der Gruppe II nachzuweisen.

Zuerst ist dies bei Algol gelungen, in dessen Spektrum die Linien vor dem Minimum nach rot, nach dem Minimum nach violett verschoben sind, während sich während des Minimums, sowie genau in der Mitte der Maximalhelligkeit keine Verschiebung zeigt. Algol bewegt sich also vor dem Minimum von uns fort, nach demselben auf uns zu, in der Mitte dazwischen ändert er seine Entfernung von uns nicht, muß sich also, da doch seine Bewegung nicht fortwährend anfangen und aufhören kann, seitlich bewegen. Die ganze Erscheinung ist nur damit verträglich, daß er eine ungefähre Kreisbahn beschreibt, und das kann er nur in Verbindung mit einem anderen Stern, mit dem er sich um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt dreht. Dieser zweite, kleinere Körper ist ganz dunkel oder wenigstens wesentlich dunkler als Algol selbst, und verursacht jedesmal, wenn er vor Algol hergeht, eine Verfinsterung desselben, genau so wie der Mond bei Sonnenfinsternissen für uns die Sonne verfinstert, und diese Verfinsterung bedingt den Lichtwechsel Algols.

Ganz entsprechende Verhältnisse müssen natürlich bei den anderen Sternen des Algoltypus vorliegen, auch bei denjenigen, bei welchen die direkte Bestätigung durch das Spektroskop wegen ihrer geringen Helligkeit noch nicht möglich gewesen ist.

Aus der durch das Spektroskop ermittelten Bahngeschwindigkeit der Algolsterne lassen sich in Verbindung mit den Erscheinungen des Lichtwechsels alle Verhältnisse des betreffenden Doppelsternsystems berechnen; für Algol ergeben sich z. B. folgende Daten:

Durchmesser Algols	1 707 000 km
„ d. dunklen Begleiters	1 336 000 „
Abstand der Mittelpunkte beider	5 194 000 „

Bahngeschwindigkeit Algols	42 km in der Sekunde
„ d. dunklen Begleiters	88 „ „ „ „
Masse des ganzen Systems	$^2/_3$ Sonnenmasse.

Für β-Lyra und damit für die Sterne vom Lyratypus ist auf dem gleichen Wege der Nachweis der Doppelsternatur gelungen; bei diesen Sternen ist aber der kompliziertere Verlauf des Lichtwechsels nur dadurch zu deuten, daß beide Sterne hell sind. Für gewöhnlich leuchten also beide zusammen, bald aber schiebt sich der eine vor den andern, so daß im Minimum nur einer der Sterne noch leuchtet oder, wenn der kleinere vor den helleren tritt, der kleinere und das Stück des größeren, welches über den kleinen noch hinausragt. Auf diese Weise lassen sich ganz ungezwungen alle Einzelheiten des Lichtwechsels deuten.

Wenn die vorstehende Erklärung für die Veränderlichen der Gruppe II richtig ist, dann tritt die Schlußfolgerung unerbittlich auf, daß es viel mehr derartiger enger Doppelsternsysteme am Himmel geben muß, als durch die Veränderlichen angezeigt ist; denn alle diejenigen, bei denen die Bedingung, daß ihre Bahnebene durch unsere Erde geht, nicht erfüllt ist, und das ist natürlich die größere Zahl, können keine Verfinsterungserscheinungen und damit keine Veränderungen der Helligkeit zeigen. In der Tat hat nun die spektroskopische Untersuchung, vorläufig der helleren Sterne, ergeben, daß bei auffallend vielen derselben periodische Linienverschiebungen vorhanden sind, die sich nur durch die Annahme von Doppelsternsystemen erklären lassen. Man kennt bereits heute mehr als dreißig solcher Systeme, die keinerlei Lichtwechsel zeigen, zu ihnen gehört z. B. der Polarstern. Bei einigen derselben scheint auch die Umlaufszeit nach Monaten oder Jahren zu zählen, indessen wiegen doch die kurzen Umlaufszeiten von wenigen Tagen vor, und man wird sich der Erkenntnis wohl nicht mehr lange verschließen dürfen, daß die ganz engen Doppelsterne viel häufiger vorkommen als die weiteren, ja daß vielleicht die Anzahl der Doppelsternsysteme nicht wesentlich geringer ist als diejenige der einfachen Gestirne, zu welchen wir unsere Sonne zu rechnen haben.

Es wird vielleicht jetzt der geeignete Moment sein, daran zu erinnern, zu welch wunderbaren Ergebnissen doch die Zer-

legung des Lichtes im Spektroskope geführt hat, zur Erkenntnis von Bewegungsvorgängen im Weltraum, die dem direkten Anblick für immer verschlossen sein werden.

Gruppe III. Die neuen Sterne.

Wie schon die Bezeichnung andeutet, hat man in diese Gruppe diejenigen Sterne aufzunehmen, welche plötzlich aufleuchten, ohne daß vorher an der betreffenden Stelle ein heller Stern bekannt gewesen wäre. Das Aufleuchten erfolgt gewöhnlich sehr schnell, in wenigen Stunden oder höchstens Tagen, dann beginnen die Sterne in mehr oder weniger regelmäßiger Weise an Glanz abzunehmen, bis sie nach wenigen Monaten ganz verschwunden oder jedenfalls wieder zu schwachen Sternen geworden sind. Daß ein solcher Stern dann später noch einmal zu hohem Glanze gekommen sei, ist bisher noch nicht beobachtet worden.

In den letzten 400 Jahren sind 13 solcher neuen Sterne entdeckt worden, von denen die bemerkenswertesten die folgenden sind:

1572. Ein Stern in der Kassiopeja, der von Tycho Brahe entdeckt wurde, wobei er heller als Venus war. Nach $1\frac{1}{2}$ Jahren war er für das bloße Auge verschwunden, jetzt ist er gänzlich verschwunden oder höchstens noch als schwaches Sternchen der Größe $10\frac{1}{2}$ vorhanden.

1604 im Schlangenträger, war heller als 1. Größe und ist gänzlich verschwunden.

1860 im Skorpion, war im Maximum 7. Größe und ist jetzt schwächer als 12. Größe.

1866 in der Krone, wurde so hell wie ein Stern 2. Größe und ist herabgesunken zur Größe $9\frac{1}{2}$.

1876 im Schwan. Heller als 3. Größe, jetzt 15. Größe.

1892 im Fuhrmann. Größe $4\frac{1}{2}$ und jetzt nach mancherlei Schwankungen schwächer als 15. Größe.

1893 in der Norma, 7. Größe, jetzt 13. Größe.

1091 im Perseus. Wesentlich heller als 1. Größe, nach vielerlei Schwankungen jetzt sehr schwach geworden.

1903 in den Zwillingen. Etwa 8. Größe.

Über das Wesen der neuen Sterne ist man noch keineswegs im klaren, obgleich die letzten Erscheinungen mit dem Spektroskope verfolgt werden konnten. Daß hier plötzlich entstandene wirklich neue Sterne vorliegen sollten, ist natürlich

unmöglich; denn das Entstehen der Sterne kann nur ein ganz allmählicher Prozeß sein. Die neuen Sterne werden vielmehr gerade die ältesten Sterne sein, die vielleicht vor Millionen von Jahren noch beständig leuchtend, allmählich durch ihre Abkühlung dunkel und unsichtbar geworden sind, und nun plötzlich nach einer vorläufig noch unbekannten Katastrophe auf kürzere Zeit wieder aufleuchten. Daß sie bei diesem Aufleuchten nicht wieder in ihren ursprünglichen Zustand als helle Sterne zurückkehren, ist klar, da ihre Helligkeit ja sonst wieder wie bei den übrigen Sternen nur sehr langsam abnehmen könnte, so daß also in Jahrtausenden davon nichts zu merken wäre. Die verhältnismäßig sehr schnelle Abnahme der Helligkeit deutet vielmehr darauf hin, daß es sich dabei nur um ganz oberflächliche Vorgänge handeln kann, an denen nur geringe Massen beteiligt sind, die sich eben in kürzerer Zeit wieder abkühlen können.

Das Spektrum der neuen Sterne zeigt besondere Eigentümlichkeiten. Es besteht aus einem kontinuierlichen Spektrum, in welchem sich helle und dunkle Linien gleichzeitig befinden, und zwar die Linien desselben Stoffs hell und dunkel, z. B. die des Wasserstoffs; dabei befinden sich die dunklen Linien stets auf der roten Seite der hellen; die hellen und dunklen Linien sind daher nach verschiedenen Seiten verschoben, resp. beide nach der gleichen, der roten Seite hin, aber verschieden stark. Man hat lange Zeit geglaubt, hieraus auf Grund des Dopplerschen Prinzips eine Erklärung des Aufleuchtens der neuen Sterne geben zu können, indem man sich vorstellte, daß zwei Sterne sich nahe berührend oder streifend in entgegengesetzter Richtung aneinander vorbeibewegt hätten, wobei der eine Stern die dunklen, der andere die hellen Linien geliefert habe.

Man mußte sich aber bald überzeugen, daß diese Erklärung nicht die richtige sein kann, denn nicht bloß die neuen Sterne, sondern auch andere, z. B. der veränderliche β-Lyra, zeigen die gleiche Erscheinung, ohne daß während eines Umlaufs die Verschiebung in die entgegengesetzte Richtung einträte; auch wäre es ein höchst wunderbarer Zufall, wenn nun bei allen diesen Sternen gerade die Sterne mit dunklen Linien viel schneller von uns weg liefen als die mit den hellen Linien. Schließlich bereiteten auch die sehr großen aus den Verschie-

bungen resultierenden Geschwindigkeiten besondere Erklärungsschwierigkeiten. Man kommt daher bei den neuen Sternen immer mehr von der Anwendung des Dopplerschen Prinzips auf die Linienverschiebungen ab und wendet sich einer physikalischen Erklärung zu, die darauf basiert, daß auch im Spektrum ruhender Körper eine Linienverschiebung stattfinden kann, und zwar nach rot hin, die durch besondere Druckverhältnisse der glühenden Gase bedingt wird. So kann man z. B. Linienverschiebungen von derselben Größe wie bei den neuen Sternen im Laboratorium erzeugen, wenn man das Spektroskop auf einen elektrischen Funken richtet, der unter Wasser überspringt. Im Momente der Funkenbildung entsteht in dem unelastischen Wasser ein so hoher Explosionsdruck, daß die glühenden Gase einer Pressung von Hunderten von Atmosphären ausgesetzt sind, und hierbei erfolgt eine starke Verschiebung der Linien nach dem Rot hin.

Mit abnehmender Helligkeit der neuen Sterne tritt eine ganz wesentliche Änderung ihres Spektrums ein, indem die ursprünglich hellsten Linien allmählich zurücktreten gegenüber anderen schwächeren; schließlich ist das Spektrum nahe identisch mit demjenigen der Nebelflecken.

Ganz wunderbare Erscheinungen hat der neue Stern im Perseus bei seinem Schwächerwerden gezeigt. Er erschien mit einer unregelmäßig gestalteten Nebelhülle umgeben, welche sich allmählich immer mehr und mehr ausbreitete, und zwar mit einer alles bisher Beobachtete weit übersteigenden Geschwindigkeit, die nach vielen Tausenden von Kilometern pro Sekunde zu zählen ist, ja vielleicht nicht wesentlich unterhalb der Lichtgeschwindigkeit (300 000 Kilometer pro Sekunde) gelegen hat. Was für Kräfte hierbei tätig gewesen sind, ob elektrische Abstoßungen oder eine direkte Druckwirkung des Lichtes oder noch gänzlich unbekannte physikalische Ursachen, dürfte zur Zeit wohl noch nicht zu entscheiden sein; jedenfalls aber ist das viele Rätselhafte, was die neuen Sterne umschleiert, noch um eine weitere ungelöste Frage vermehrt worden.

Zum Schlusse der Betrachtungen über die Konstitution der Fixsterne ist es vielleicht angebracht, dem Leser eine Anschauung von den instrumentellen Mitteln zu gewähren, welche die Spektralanalyse zu ihrer Anwendung auf die Fixsterne erfordert.

Die Anbringung eines großen Spektroskops am Fernrohr

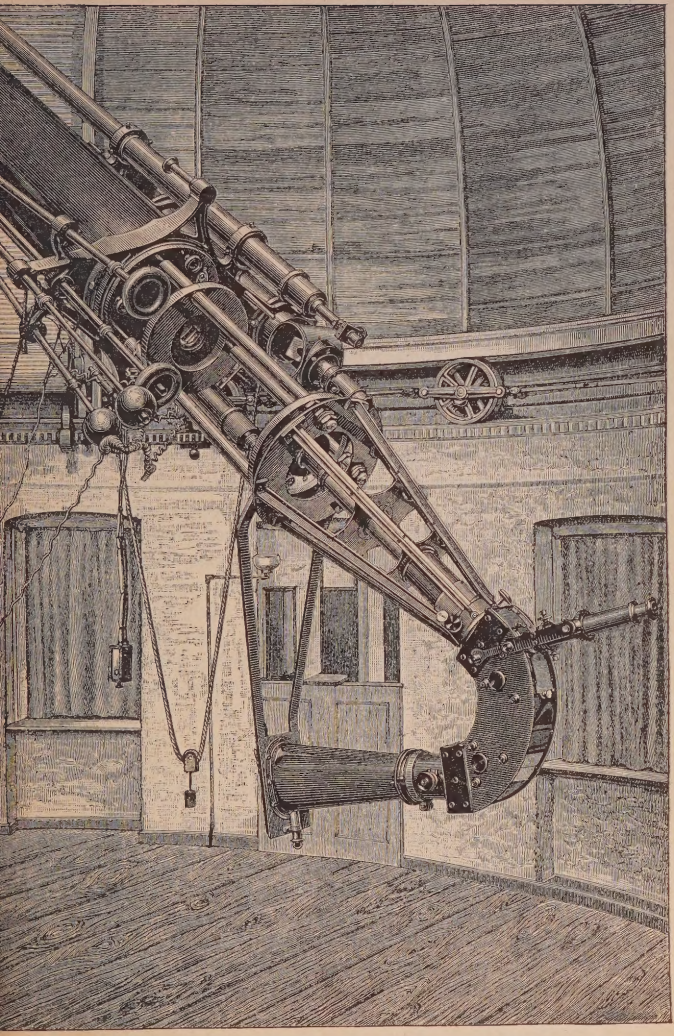


Fig. 22.

bedingt natürlich ganz besondere Konstruktionseigentümlichkeiten desselben, insbesondere wenn nicht direkte Beobachtungen, sondern photographische Aufnahmen der Spektra erzielt werden sollen. Fig. 22 stellt den großen Spektrographen des Potsdamer Observatoriums dar, mit dessen Hilfe ein großer Teil der in diesem Kapitel niedergelegten Kenntnisse erworben worden ist.

Wie das II. Kapitel gelehrt hat, gibt es neben den Fixsternen, welche das Weltall bevölkern, eine große Zahl von anderen Objekten, die als Sternhaufen oder als Nebelflecke bezeichnet werden. Mit wenigen Ausnahmen sind die Sternhaufen mit bloßem Auge nicht als solche zu erkennen, sondern erscheinen als neblige, verwaschene Flecke. Als sich zu Anfang dieses Jahrhunderts die Zahl der Nebelflecke durch die Herschelschen Arbeiten auf mehrere Tausend vermehrt hatte, war gleichzeitig dadurch ein anderes Ergebnis gewonnen worden. Es war immer wieder möglich geworden, durch die Verwendung größerer Instrumente, neblige Objekte, die bis dahin nicht zerlegbar erschienen, doch in zahllose Sterne aufzulösen und so ihre wahre Natur als Sternhaufen klarzustellen. Es war daher nicht verwunderlich, daß sich hieraus die Ansicht entwickelte, daß überhaupt alle Nebelflecke Sternhaufen seien, und daß bei immer weiter getriebener Vervollkommnung der Fernrohre auch alle Nebelflecke schließlich wirklich aufgelöst werden würden.

Diese Ansicht aber mußte nach der ersten Anwendung des Spektroskops auf die Nebelflecke fallen gelassen werden. Zwar viele derselben gaben kontinuierliche Spektra, wie die Sternhaufen; aber bei manchen von ihnen war das nicht der Fall, ihr Spektrum zeigte einzelne helle Linien, sie bestanden also tatsächlich aus leuchtenden Gasen.

Es war natürlich nun von großer Wichtigkeit, die Natur dieser Gase kennen zu lernen, aber vollständig zum Ziele gekommen ist man hierbei heute noch nicht. Mit Sicherheit ist in den Nebelflecken die Existenz von Wasserstoff und Helium nachgewiesen, dagegen ist es noch nicht gelungen, die Herkunft mehrerer der stärksten Linien des Nebelspektrums zu ergründen, sie rühren von Stoffen her, die bis jetzt auf der Erde nicht bekannt sind.

Die Gleichförmigkeit der Nebelspektra trotz der verschiedensten

Gestalten und Formen der Nebel ist eine sehr bemerkenswerte. Es kommen zwar bei den verschiedenen Objekten merkliche Unterschiede in der Intensität der Linien vor, die etwa durch verschiedene Mischungsverhältnisse der einzelnen Gase zu erklären wären, aber es herrscht jedenfalls in dieser Beziehung eine ganz auffallende Gleichförmigkeit im Verhältnis zur Verschiedenheit der Formen.

Es ist sehr schwierig, über das Wesen der Nebelflecke zu klaren Vorstellungen zu gelangen. Es sind außerordentlich ausgedehnte Objekte, von Durchmessern, die allgemein nach vielleicht sehr vielen Lichtjahren zu zählen sind, und die Gase, aus denen sie bestehen, sind zweifellos in einem Zustande der Verdünnung, daß sie, falls wir in einen solchen Nebel hineingelangen könnten, sicherlich chemisch nicht nachweisbar sein würden. Gase in derartiger Verdünnung können aber naturgemäß keine merklich höhere Temperatur besitzen als ihre Umgebung, in diesem Falle der leere Weltraum, dessen Temperatur sich auf dem absoluten Nullpunkt, dies ist -273^0 befindet. Der absolute Nullpunkt der Temperatur ist aber nun dadurch definiert, daß alle Molekularbewegung bei demselben aufhört, also absolute Starrheit herrscht, und das ist wieder mit dem gasförmigen Zustande nicht recht vereinbar. Dabei bestehen aber doch die Nebel aus Gasen, und zwar sogar aus leuchtenden Gasen. Es hält schwer, aus diesem Dilemma herauszukommen, weil man eben derartige Verhältnisse im Laboratorium bisher nicht hat herstellen können und mithin jegliche experimentelle Erfahrung fehlt.

Man hat lange Zeit hindurch geglaubt, das etwas abweichende spektroskopische Verhalten des Wasserstoffs in den Nebelflecken gegenüber dem Laboratorium zu Schlüssen über die Konstitution der Nebelflecke verwenden zu können. Während nämlich die rote Linie des Wasserstoffs für gewöhnlich die hellste ist, fehlt dieselbe in den Nebelflecken gänzlich und die grüne Linie ist daselbst die hellste. Man hat versucht, den wirklichen Verhältnissen in den Nebelflecken dadurch möglichst nahe zu kommen, daß man den Wasserstoff bei den tiefsten bis jetzt herstellbaren Temperaturen, etwa -200^0 in der flüssigen Luft, durch elektrische Wellen zum Leuchten brachte; es war aber hierbei irgend eine Veränderung des Spektrums gegenüber dem Leuchten bei gewöhnlicher Temperatur nicht zu er-

kennen. Schließlich hat sich herausgestellt, daß das Fehlen der roten Wasserstofflinie überhaupt nicht auf physikalischen Gründen beruht, sondern nur auf einer physiologischen Eigentümlichkeit unseres Auges. Wenn man das gewöhnliche Wasserstoffspektrum künstlich so abschwächt, daß es etwa so schwach erscheint wie in den Nebelflecken, dann ist die sonst hellste rote Linie ebenfalls nicht mehr zu sehen, und die grüne ist die hellste. Die Maximalempfindlichkeit des Auges ändert sich eben mit der absoluten Helligkeit der Gegenstände für die verschiedenen Farben.

Auf diesem Wege ist also auch nichts über die Natur der Nebelflecke zu erfahren. Vielleicht findet ein Leuchten der Nebelgase im Sinne des Glühens, welches stets an Temperaturerhöhungen gebunden ist, gar nicht statt; es ist vielleicht nur ein Leuchten im Sinne der Phosphoreszenz, und diese Hypothese dürfte durch den Umstand an Wahrscheinlichkeit gewinnen, daß die Phosphoreszenzerscheinungen im allgemeinen bei sehr tiefen Temperaturen merklicher sind als bei höheren. Es ist nicht ausgeschlossen, daß in der Nähe des absoluten Nullpunkts die meisten Körper phosphoreszieren, also auch die Gase.

Auf die Frage, ob die Nebelflecke als selbständige Gebilde aufzufassen sind, oder ob sie nur die Vorstufe der Sternentwicklung darstellen, insofern als sich durch fortgesetzte Verdichtung allmählich aus einem Nebel ein Fixstern entwickelt, wollen wir hier nicht weiter eingehen; denn diese Frage gehört zur Zeit wohl kaum in das Gebiet wissenschaftlicher Forschung. Wie kann man über die zukünftige Entwicklung eines Objektes urteilen, wenn man seine Natur noch so gut wie gar nicht kennt?

Ähnlich steht es mit den Betrachtungen, die sich an die verschiedenen Formen der Nebelflecke, wie wir sie im 2. Kapitel kennen gelernt haben, anschließen. Manche Nebelflecke sind derartig unregelmäßig und kompliziert gestaltet, daß sie einfach als chaotische Massen zu betrachten sind, aus deren Figuration das Auge nichts Gesetzmäßiges mehr herauslesen kann; man sieht nur, daß diese Massen sicherlich ein Spielball von Strömungen, Wirbeln und dergleichen sind. Andere Objekte, wie z. B. die Ringnebel, sind im Gegensatze zu den vorhin erwähnten außerordentlich regelmäßig gestaltet. Hieraus kann man schließen, daß die inneren Bewegungen in bestimmter Gesetzmäßigkeit verlaufen und zwar in einer solchen, daß die Gestalt erhalten

bleibt. Bei den Ringnebeln könnte man z. B. vermuten, daß die Gase innerhalb des Ringes strömen, also eine Umlaufsbewegung um den stets vorhandenen Kern des Ringes ausführen. Oder man könnte an die Art der Bewegung denken, wie sie in den Rauchringen vorhanden ist, eine drehende Bewegung um die Ringachse herum. Das sind aber alles nur Vermutungen, deren Bestätigung durch die Beobachtung wohl noch sehr lange ausbleiben wird. Selbst stärkere Bewegungen innerhalb der Nebel verschwinden für uns gänzlich wegen der ungeheueren Entfernung, besonders da die Messung der unscharfen Nebelpartien sehr viel ungenauer ist, als die von Fixsternen; auch die spektroskopische Untersuchung hat bisher in dieser Richtung noch keine Resultate ergeben.

VI. Kapitel.

Der äußere Bau des Weltalls.

Wir haben bisher eine Reihe von Beobachtungsergebnissen und aus diesen gefolgerten Schlüssen kennen gelernt, die neben der Anschauung über die wahren Verhältnisse des uns zugänglichen Alls ein Bild unserer positiven Kenntnisse über dasselbe geben. Soweit reicht die exakte Forschung; das bisher Mitgeteilte sind sehr gesicherte Tatsachen, an denen berechtigte Zweifel kaum erhoben werden können, und die in Summa gedrängt das Resultat mühseliger Arbeit von vielen Jahrhunderten enthalten. Aber die einzelnen, nebeneinander gestellten Tatsachen lassen in ihrer Isoliertheit das Gefühl unbefriedigt; der Wunsch geht dahin, sie in ein Ganzes zusammenzufassen, zu einer wohlorganisierten Einheit, in der jedes einzelne an seinem richtigen Platze steht und das dem Menschen nun einmal innewohnende, naturwissenschaftlich aber durchaus nicht berechtigte Zweckmäßigkeitsprinzip erfüllt.

Diesem Wunsche läßt sich nur noch teilweise durch exakte Forschung, durch mathematisches Denken nachkommen; man ist hierbei nur allzuhäufig gezwungen, bei nicht beweisbaren Annahmen Zuflucht zu suchen, die, wie alles nur auf „Denken" Beruhende, unvollkommen sind. Daher kommt es auch, daß in vielen Fällen verschiedene Forscher, obgleich sie auf der gleichen Grundlage aufbauen, zu verschiedenen Schlüssen gelangen. Wohl jeder Astronom hat sich seine besonderen Ansichten über den Bau des Weltalls zurechtgelegt, die vielleicht in vielen Punkten mit denen anderer übereinstimmen. So wird auch das Bild, welches ich nunmehr entwerfen möchte, im großen und ganzen sich den Ansichten der bekanntesten Forscher auf diesem Gebiete anschließen, im einzelnen aber nicht frei von subjektiver Anschauung und Auffassung sein.

Wir wollen bei unseren Betrachtungen zunächst an die beiden einfachsten Tatsachen, welche wir in bezug auf den Anblick des gestirnten Himmels kennen gelernt haben, anknüpfen: die Sterne sind von der verschiedensten Helligkeit, und sie stehen in der Milchstraße am dichtesten zusammen.

Die Sterne werden ihrer Helligkeit nach in Größenklassen geteilt; die hellsten derselben, wie z. B. Wega in der Leier, gehören zur ersten Größe; die schwächsten, die dem bloßen Auge noch eben sichtbar sind, bezeichnet man mit der 6. Größe. Die schwächsten, mit den bisherigen Hilfsmitteln noch eben erkennbaren, gehören etwa der 15. bis 16. Größenklasse an. Diese Einteilung, die ursprünglich eine rein zufällige war, ist jetzt so durchgeführt, daß die Sterne einer jeden Klasse $2\frac{1}{2}$ mal so hell sind, als die der nächst vorhergehenden, so daß also $2\frac{1}{2}$ Sterne der 2. Klasse zusammen so hell leuchten wie 1 Stern der 1. Klasse, oder erst 100 Sterne der schwächsten, dem bloßen Auge sichtbaren Klasse wie ein Stern der ersten; von den schwächsten bisher sichtbar gewordenen Sternen würde erst die vereinigte Helligkeit von 400000 der eines Sternes der 1. Klasse entsprechen.

Über die Ursache der Verschiedenheit in der Helligkeit der Sterne kann man zwei Erklärungen geben; man kann einmal annehmen, daß alle Sterne in Wirklichkeit gleich hell sind und daß sie uns nur um so schwächer erscheinen, je weiter sie von uns entfernt sind, oder man könnte glauben, daß sie verschieden groß sind, also verschieden hell, im übrigen aber alle von uns gleich weit entfernt wären. Diese letztere Erklärung ist nun zweifellos unhaltbar, wie ja schon durch direkte Messung ihrer Entfernungen nachgewiesen ist; in beschränkter Weise aber trifft sie wohl zu, wie man an den Sternhaufen erkennt, in denen die zusammengehörigen Sterne doch sehr nahe die gleiche Entfernung von uns haben, während sie in den verschiedensten Helligkeiten strahlen. Die erstere Erklärung aber ist auch sicherlich nicht streng zutreffend, denn man hat gefunden, daß es keineswegs die hellsten Sterne sind, welche uns am nächsten stehen, und die wenigen Massenbestimmungen von Fixsternen, die man hat ausführen können, geben alle größere Massen als die unserer Sonne, die doch auch nur ein Fixstern ist. Schließlich haben wir bereits kennen gelernt, daß es doch Fixsterne sehr verschiedener Konstitution

und damit verschiedener Leuchtkraft gibt, auch bei sonst etwa gleichen Massen oder Dimensionen. Beide Erklärungen sind also, jede für sich, nicht zutreffend, und nur aus der Verbindung beider kann Ersprießliches resultieren. Bei der Betrachtung von Sternhaufen wird man aus der verschiedenen Helligkeit in Verbindung mit den spektroskopischen Ergebnissen auf die relativen Dimensionen der Sterne schließen dürfen; bei Überlegungen über den allgemeinen Bau unseres Fixsternsystems wird man im allgemeinen aus der verschiedenen Helligkeit auf verschiedene Entfernungen schließen dürfen; aber wohlverstanden nur mit der Einschränkung, daß das erhaltene Resultat im einzelnen Falle, für einen bestimmten Stern, sehr unrichtig sein kann, da der betreffende Stern ja vielleicht zufällig gerade ein abnorm großer oder ein besonders kleiner ist. Und auch die allgemeinen Schlüsse wird man noch sehr vorsichtig auffassen müssen, da es z. B. leicht möglich ist, daß die Sterne der Milchstraße, die zweifellos in irgend einem Konnex miteinander stehen, auch darin ein gemeinschaftliches Band zeigen, daß ihre Dimensionen in einem bestimmten Sinne von denjenigen der übrigen Fixsterne stark abweichen.

Wollen wir aber zu einer genäherten Anschauung über die Entfernungen der Fixsterne und damit über die Grenzen unseres Fixsternsystems gelangen, so bleibt uns nichts anderes übrig, als hierzu die Helligkeiten zu benutzen; denn direkte Bestimmungen über die Entfernungen nach der auf S. 28 angegebenen Methode sind ja nur bei den allernächsten Fixsternen möglich gewesen, und eine andere Methode der Entfernungsbestimmung, die wir gleich näher kennen lernen werden, scheint noch wesentlich unsicherer zu sein.

Auf Grund der direkten Messungen hat man nun festgestellt, daß die Entfernung der Sterne der 1. Größenklasse von uns durchschnittlich 36 Lichtjahre (2,3 Millionen Sonnenentfernungen) beträgt. Diese Zahl — und damit auch die zunächst folgenden — mag ja wohl um die Hälfte ihres Betrags unsicher sein, sie genügt jedenfalls, um eine ausreichende Anschauung zu gewinnen. Nach ihr ergeben sich die in dem folgenden Täfelchen aufgenommenen Entfernungen der Fixsterne der verschiedenen Größenklassen:

Größen	Entfernung in Lichtjahren	in Sonnenentfernungen
1	36	2,3 Millionen
2	56	3,5 "
3	85	5,4 "
4	132	8,3 "
5	202	12,8 "
6	311	19,7 "
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
15	22 000	14 500 "

Bei diesen Zahlen wollen wir einen Augenblick verweilen, denn mit ihnen erschließt sich uns zum erstenmal ein etwas genauerer Einblick in die Verhältnisse des Fixsternsystems. Zwar war es uns bereits bekannt, daß das Licht der schwächsten, dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne vor mehr als drei Jahrhunderten bereits seinen Weg angetreten hatte, doch konnten wir uns noch kein Bild davon machen, wie weit die Grenzen des Fixsternsystems zu setzen seien, wie weit das bewaffnete Auge zu dringen vermag. Vor 22000 Jahren ist das Licht ausgegangen, welches uns jetzt das winzige Pünktchen im mächtigen Fernrohre erzeugt. Doch wollen wir uns bescheiden an das bereits Gesagte erinnern: Wir wissen nicht, ob wir damit die Grenzen erreicht oder gar schon überschritten haben. Zwar liefert jede Verbesserung in der Kraft der Fernrohre immer neuen Zuwachs an Sternen, aber wer möchte entscheiden, ob das nun immer wieder entferntere sind, oder bloß näher gelegene kleine; dadurch würden nur die Zahlen vermehrt, nicht aber die Grenzen erweitert.

Nun finden wir die schwächsten Sternchen sowohl in der Milchstraße als auch weit außerhalb derselben. Wäre die Annahme, daß alle Sterne gleich hell sind, richtig, so würde daraus folgern, daß unser Fixsternsystem sich nach allen Richtungen hin gleich weit ausdehnte, daß es also die Gestalt einer Kugel habe, und daß nur in der Ebene der Milchstraße die Sterne viel dichter ständen. Das ist aber nicht richtig,

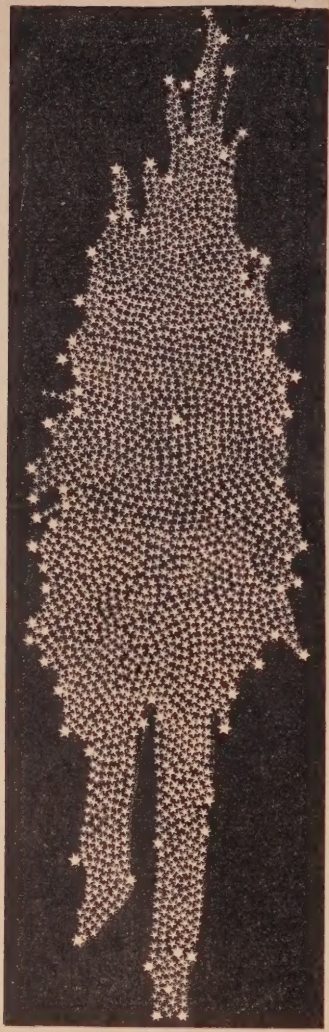


Fig. 23.

wie neuere Untersuchungen ergeben haben. In der Milchstraße wächst die Zahl der Sterne gegenüber ihren Polen um so schneller, je schwächer die Sterne sind, und daraus läßt sich schließen, daß in der Milchstraße wirklich die größere Entfernung für die Lichtschwäche maßgebend ist, während die schwächeren Sterne an den Polen der Milchstraße weniger entfernte, als vielmehr wirklich schwächere oder kleinere Sterne sein werden.

Um darüber ins klare zu kommen, in welchem Maße die Dimensionen des Fixsternsystems in der Ebene der Milchstraße größer sind, als nach den Polen zu, oder um, mit andern Worten, den Durchmesser der Scheibe im Verhältnis zu ihrer Dicke zu ermitteln, könnte man folgenden Weg einschlagen. Man könnte annehmen, daß in allen Richtungen, von uns aus gesehen, die Sterne alle nahe gleich weit voneinander abständen; dann käme die größere Dichtigkeit in der Milchstraße nur dadurch zustande, daß in dieser Richtung die Ausdehnung des Sternsystems eine größere wäre, als nach den anderen Richtungen hin. Eine einfache Überlegung zeigt, daß

wenn ein mit Sternen gleichmäßig erfüllter Raum sich nach der einen Richtung doppelt so weit ausdehnt, wie nach der anderen, dann für gleiche Flächenstücke am Himmel die Zahl der Sterne um das achtfache zunehmen muß. Nun haben wir bereits erwähnt, daß in der Milchstraße die Zahl der Sterne auf der gleichen Fläche etwa dreißigmal größer ist als an den Polen. Daraus würde sich ergeben, daß die Scheibe des Fixsternsystems in der Ebene der Milchstraße einen etwa dreimal größeren Durchmesser besitzt, als ihre Dicke beträgt. Leider verdient die so gewonnene Zahl nur wenig Vertrauen, da die Annahme einer gleichen Dichtigkeit der Sternverteilung sicherlich sehr unrichtig ist. Wir können hier, abgesehen von dem bloßen Augenschein, der gegen diese Annahme spricht, einen Analogieschluß zu Hilfe ziehen: Unter allen den Sternhaufen, die wir kennen, ist keiner, bei dem die Sterndichtigkeit in der Mitte des Haufens nicht viel stärker wäre als an den Rändern, und damit fällt unsere ganze Berechnung ins Wasser.

Man braucht bei dieser zwar einfachsten, aber sicherlich nicht richtigen Annahme nicht stehen zu bleiben; vielmehr kann man von komplizierten Annahmen über die Dichtigkeitsverhältnisse in Verbindung mit dem verschiedenen Verhalten der Sterne und der verschiedenen Helligkeit ausgehen. Ganz neuerdings sind derartige Versuche unter Aufwand von großem Scharfsinn angestellt worden, und es hat sich hierbei ergeben, daß unser Fixsternsystem sich in der Ebene der Milchstraße bis zu 1100 Siriusweiten (eine Siriusweite = 8 Lichtjahre), in der dazu Senkrechten bis zu 500 Siriusweiten sich erstrecke. Auch dieses Resultat, welches wohl eine gewisse Annäherung an die Wahrheit darstellen wird, beruht, wie schon angegeben, auf nicht beweisbaren Hypothesen, deren Annahme für jeden eine Glaubenssache ist, über die man also sehr verschiedener Ansicht sein kann.

Unter der Annahme einer überall gleichen Dichtigkeit der Sterne würde sich ein Querschnitt durch unser Sternsystem nach Herschels Zeichnung etwa so darstellen, wie Fig. 23 zeigt.

Alle diese Schlüsse gründen sich allein auf die eingangs dieses Kapitels erwähnten beiden Tatsachen von der Helligkeits- und Dichtigkeitsverteilung der Sterne unter Benutzung der denkbar einfachsten, aber sicherlich nicht streng zutreffenden Hypothesen über die wahre Verteilung der Sterne im Raume.

Wir müssen uns nun die Frage vorlegen, ob nicht die Eigenbewegungen der Fixsterne Aufschluß über den Bau des Weltalls geben können. Sicherlich können sie dies; denn wie im Sonnensystem erst die Kenntnis der Bewegungen der Planeten Aufschluß über die Verhältnisse gegeben hat, so muß auch im Fixsternsystem die Kenntnis der Eigenbewegungen die exakte Lösung der Aufgabe herbeiführen. Aber leider sind wir von dieser Lösung noch weit entfernt; erst die einfachsten, schwachen Versuche hierzu sind gemacht worden. Das kommt daher, weil wir erst von einer verschwindend geringen Zahl von Sternen die Eigenbewegungen kennen. Sie sind nur bei den Sternen ermittelt, die eine auffallend große Bewegung besitzen, die also in irgend einem Sinne sich abnorm verhalten und daher gerade nicht geeignet sind, Schlüsse allgemeiner Natur zu liefern.

Von dem Gros der Sterne wissen wir in dieser Beziehung geradezu nichts, und den Zeitpunkt, in dem die Eigenbewegungen den äußeren Bau des Weltalls zu enthüllen vermögen, müssen wir noch auf Jahrhunderte vorausschieben. Die bisher ermittelten Eigenbewegungen haben nur gelehrt, daß auch späterhin die Lösung des Problems eine sehr schwierige sein wird, sie haben z. B. gezeigt, daß Sterne, die am Himmelsgewölbe scheinbar sehr weit auseinander stehen, doch gleiche Bewegung haben, also zweifellos in irgend einer physischen Verbindung miteinander stehen, während die anderen, dicht dabei befindlichen Sterne nicht zu ihnen gehören. Es bestehen also Sterngruppen oder Sternhaufen im Weltall, die, durch den Anblick nicht erkennbar, vielleicht mit den allgemeinen Bewegungen im Fixsternsystem nichts zu tun haben, sondern ihre eigenen Pfade wandeln.

Von besonderem Interesse sind in dieser Beziehung die wenigen Sterne von besonders starker Eigenbewegung. Es gibt einige derselben — übrigens fast alles schwache, unscheinbare Objekte — die ihren Ort am Himmel so schnell verändern, daß das unbewaffnete Auge, wenn sie demselben überhaupt zugänglich wären, ihre Stellungsänderung gegenüber anderen Sternen wohl innerhalb 20—30 Jahren erkennen könnte. Da bei einigen derselben auch die Entfernung von uns direkt gemessen werden konnte, so hat man ihre wirkliche Geschwindigkeit annähernd bestimmen können und ist dabei bis zu Werten von 300 km in der Sekunde gekommen. Man

kann andererseits berechnen, mit welcher Geschwindigkeit ein Stern sich bewegen müßte, wenn er der Anziehungskraft des ganzen Fixsternsystems unterworfen wäre; dann müßte die Masse dieses Systems 64 mal größer sein als sie nach allen Erfahrungen festzusetzen ist, um eine solche Geschwindigkeit zu erzeugen. Es bleibt nichts anderes übrig als anzunehmen, daß diese Sterne überhaupt nicht zu unserem Fixsternsystem gehören, sondern daß sie aus unbekannten Gegenden des Weltalls in eiligem Laufe zufällig unser System durchkreuzen, um es auf Nimmerwiedersehen zu verlassen.

Von den Versuchen, die man bisher angestellt hat, aus den Eigenbewegungen näheres über den Bau des Weltalls zu erfahren, müssen zwei besonders hervorgehoben werden. Es liegt nahe, da doch einmal das Fixsternsystem als flache Scheibe zu betrachten ist, ähnlich wie das Sonnensystem, auch die Verhältnisse des letzteren auf das erstere zu beziehen, d. h. anzunehmen, daß auch im Mittelpunkte des Fixsternsystems ein Körper von ungeheurer Masse die einzelnen Sterne in geschlossene Bahnen gleichsam als Planeten zwänge. Man hat auch vor längeren Jahren geglaubt, diese „Zentralsonne" in dem hellsten Sterne der Plejadengruppe, der Alcyone, erkannt zu haben. Es ergab sich aber bald das Fehlerhafte der betreffenden Rechnung, und heute wissen wir sehr genau, daß eine derartige Zentralsonne überhaupt nicht existiert.

Sehr plausibel erscheint der Gedanke, die Fixsterne würden sich im wesentlichen in der Ebene der Milchstraße bewegen, etwa so, daß dadurch die ganze Milchstraße um uns herum rotiert. Hierüber angestellte umfangreiche Rechnungen haben leider nur ergeben, daß, wie schon erwähnt, die vorhandenen Kenntnisse der Eigenbewegungen noch durchaus nicht genügend sind, um einigermaßen sichere Resultate zu liefern, daß also die Frage der Rotation der Milchstraße noch eine offene ist.

Es ist viel Negatives und nicht allzu viel Positives, was wir aus allen den bisher erwähnten Tatsachen haben schließen können, und wir wollen nun einen anderen Weg der Untersuchung einschlagen, um über die wirkliche Gestalt unseres Fixsternsystems Aufschluß zu gewinnen. Wir wollen einmal wieder den Anblick des gestirnten Himmels für sich sprechen lassen, dann nach Analogien suchen und schließlich auch der

Spektralanalyse eine gewichtige Stimme, vielleicht die gewichtigste von allen, zukommen lassen.

Der Umstand, daß die Milchstraße als geschlossenes Band den ganzen Himmel umspannt, und zwar nahe in einem größten Kreise, wie der Fachausdruck lautet, beweist, daß unser Sonnensystem in der Ebene der Milchstraße liegen muß und zwar dabei noch nahe der Mitte. Das ist für alle weiteren Studien eine recht ungünstige Lage, denn je weiter wir außerhalb dieser Ebene lägen, um so besser würden wir alles übersehen, es würde ja schließlich das ganze System wie eine Karte vor uns liegen und damit wären alle Schwierigkeiten gehoben. Doch das ist nun einmal nicht zu ändern.

Wenn es auch im allgemeinen richtig ist, daß die Zahl der Sterne von den Polen bis zur Milchstraße immer mehr zunimmt, so darf das doch durchaus nicht so aufgefaßt werden, als ob dies ganz kontinuierlich vor sich ginge. Die Milchstraße verliert sich keineswegs ganz allmählich in den übrigen Himmelsgrund, vielmehr ist sie meistens recht scharf begrenzt, ihre unregelmäßigen Konturen sind fast überall deutlich zu erkennen, und an den Stellen, wo sie sich in mehrere Arme teilt, ist der enge Zwischenraum zwischen denselben recht sternenleer. Hiernach kann also gar keine Rede davon sein, daß das Phänomen der Milchstraße nur durch die perspektivische Zusammendrängung der in einer flachen Scheibe gleichmäßig verteilten Sterne entstanden sei, sondern die Milchstraße muß als etwas reell Vorhandenes betrachtet werden, als eine tatsächliche Zusammenhäufung von Sternen, die als Gürtel oder Ring oder in sonst irgend einer Form den Himmel umspannt, und in dessen Zentrum wir uns ungefähr befinden. Fassen wir die Milchstraße in dieser Weise auf, so haben natürlich die helleren Sterne, sowie die schwächeren, die mehr nach den Polen der Milchstraße zu gelegen sind, mit ihr nichts mehr direkt zu tun, und es tritt die Frage auf, wie dieselben unterzubringen sind. Neuere Untersuchungen bestätigen diesen Schluß und liefern zugleich die Antwort auf die Frage. Die Häufigkeit der helleren Sterne nimmt nach der Milchstraße hin lange nicht in dem Maße zu, wie die der schwächeren, ja es scheint so, als ob das Dichtigkeitsmaximum der helleren Sterne gar nicht in der Ebene der Milchstraße läge, sondern in einer anderen Ebene, die merklich gegen letztere geneigt ist. Das läßt sich am ein-

fachsten durch die Annahme erklären, daß die helleren Sterne, d. h. etwa alle diejenigen, die wir mit bloßem Auge sehen können und noch manche andere schwächere dabei, einen nahe kugelförmigen, immerhin aber doch merklich abgeplatteten Sternhaufen für sich bilden, in dessen Mitte wir uns ungefähr befinden; diesen Sternhaufen umgibt dann das System der Milchstraße in weiter Entfernung, und zwar in so weiter Entfernung, daß die dort dicht gedrängten Sterne für das unbewaffnete Auge nicht mehr zu erkennen sind, während dies in dem inneren Sternhaufen, in dem wir uns selbst befinden, vollkommen gelingt.

Mit dieser Erkenntnis sind wir einen gewaltigen Schritt weiter gekommen; aber wir brauchen nicht dabei stehen zu bleiben, sondern wir können auch noch Genaueres über die Form der Milchstraße selbst erfahren.

Die unregelmäßige Gestalt der Milchstraße, ihre starken Verbiegungen und Verzweigungen und die Verschiedenheit ihres Glanzes an den einzelnen Stellen lehren, daß sie keineswegs als Gürtel oder Ring von nahe mathematisch exakter Ausführung, wie etwa die Saturnringe, zu betrachten ist, sondern daß ihre Ringform nur eine genäherte sein kann. Ihre Auflösbarkeit in die einzelnen Sterne ist ebenfalls an den verschiedenen Stellen eine sehr verschiedene, woraus zu schließen ist, daß die einzelnen Teile derselben sich in recht verschiedener Entfernung von uns befinden. Zu sehr wichtigen Ergebnissen hat die photographische Aufnahme der Milchstraße geführt. Während zwar an einzelnen Stellen über größere Flächenräume eine recht gleichförmige Dichtigkeit herrscht, scheint im allgemeinen doch das Gegenteil Regel zu sein. Es ist eine entschiedene Tendenz zur Gruppenbildung vorhanden, in dem Sinne, daß sich dicht gedrängte Sternhaufen inmitten relativ leerer Räume oder Kanäle befinden; dabei sind die dichtesten Stellen sehr häufig noch mit nebliger Materie erfüllt. Sehr charakteristisch ist das häufige Vorkommen von fast ganz sternleeren Stellen inmitten der reichsten Partien; im Sternbilde des Schwans sind solche leere Stellen sogar dem bloßen Auge erkennbar; sie sind wegen des starken Kontrastes mit der umgebenden Helligkeit unter dem Namen der Kohlensäcke bekannt. Alle diese leeren Stellen sind gleichsam als Löcher oder Öffnungen im Milchstraßenring aufzufassen, durch welche hindurch wir ins weitere All sehen,

wie an den von der Milchstraße entfernt gelegenen Stellen des Himmels.

Die einfachste Erklärung für diese eigentümliche und komplizierte Struktur der Milchstraße würde folgende Annahme liefern: Man stelle sich die Milchstraße als wirklichen Gürtel vor, in der Gestalt etwa einem Ledergürtel ähnlich, d. h. ihre Breitenausdehnung wäre dann merklich größer als ihre Dicke. Besteht dann dieser Gürtel im wesentlichen aus Sternhaufen, so ist es bei der geringen Dicke des Gürtels klar, daß wir leicht zwischen denselben hindurchsehen könnten. Dieser Annahme stehen aber mehrere Bedenken gegenüber; sie erklärt vor allem nicht, wie alsdann gewisse Stellen der Milchstraße uns merklich näher stehen als andere. Sie ist auch schwer vereinbar mit unseren Ansichten über die Stabilität kosmischer Gebilde, doch kann an dieser Stelle auf diesen schwierigen Punkt nicht näher eingegangen werden. Es ist nach allem viel wahrscheinlicher, daß gerade die Dickenausdehnung der Milchstraße größer ist als ihre Breitenausdehnung; hierbei machen aber scheinbar gerade die vielen leeren Stellen Schwierigkeiten, da diese alsdann nahe röhrenförmige Öffnungen darstellen würden, die gerade auf uns, d. h. auf den Mittelpunkt des Systems zu, gerichtet sein müßten; wir werden sehen, daß gerade umgekehrt dieser Umstand ein äußerst wichtiges Argument für die Richtigkeit der später gegebenen Erklärung abgibt.

Wir haben bisher bei diesen Betrachtungen die Sternhaufen und Nebelflecken ganz außer acht gelassen und wollen dies nun insofern nachholen, als wir zwei Fragen zu beantworten versuchen wollen:

1. Gibt es unter den vielgestalteten Nebelflecken und Sternhaufen solche, die eine äußere Ähnlichkeit mit der Gestalt unseres Fixsternsystems, soweit wie dieselbe schon feststeht, besitzen?
2. Wenn solche Ähnlichkeiten vorhanden sind, liegt dann die Berechtigung vor, die betreffenden Objekte als selbständige Fixsternsysteme zu betrachten, so daß wir mittels eines Analogieschlusses deren Gestalten auch auf unser Fixsternsystem übertragen dürfen?

Zur Beantwortung der ersten Frage müssen wir nach Objekten Umschau halten, welche in ihrer Mitte einen Kern

enthalten, der von einem irgendwie einigermaßen symmetrischen flachen Gebilde umgeben ist. Derartig gestaltete Nebelflecke kommen nun am Himmel recht häufig vor; hierhin gehören die meist sehr regelmäßig gestalteten planetarischen Nebel und die Ringnebel — wahrscheinlich sind beide Arten identisch und unterscheiden sich nur durch ihre scheinbare Größe —, ferner die Spiralnebel, die in ihrer vollkommensten Gestalt durch den Andromedanebel und den Nebel in den Jagdhunden repräsentiert werden, und schließlich einige spindelförmige Nebel, die als flache Linsen mit zentraler Verdichtung aufzufassen sind, und deren Hauptebene zufällig so liegt, daß wir gerade gegen die Kante sehen.

Die engere Wahl zwischen diesen drei Arten wird nun sehr erleichtert, wenn die Spektralanalyse zu Hilfe genommen wird. Unser Fixsternsystem enthält neblige Massen nur in verschwindender Menge; denken wir uns also dasselbe so weit entfernt, daß es uns als Nebelfleck erschiene, so käme das Licht dieses Nebelflecks wesentlich nur von den Sternen her, das Spektrum dieses Lichts müßte also eine Kombination aller Sternspektra sein, d. h. es könnte sich nur als kontinuierliches Spektrum mit dunklen Linien präsentieren. Bei der Suche nach unserem System analogen Objekten muß demnach alles ausgeschieden werden, welches dieser spektralen Bedingung nicht genügt, auch wenn die äußere Gestalt noch so gute Übereinstimmung zeigt. Es sind die zuerst aufgeführten planetarischen oder Ringnebel, welche demnach nicht in Betracht kommen. Dieselben zeigen kaum Spuren eines kontinuierlichen Spektrums, vielmehr löst sich ihr Licht im Spektroskop in isolierte helle Linien auf, ein unwiderlegbares Zeichen, daß diese Objekte aus leuchtenden Gasmassen und nicht aus Sternen bestehen.

Die an zweiter und dritter Stelle genannten Nebel genügen dagegen der spektralen Bedingung zunächst insofern, als sie keine hellen Spektrallinien, sondern ein kontinuierliches Spektrum geben. Das kontinuierliche Spektrum allein aber ist noch kein Beweis dafür, daß diese Objekte wirkliche Anhäufungen von Fixsternen sind, sondern dasselbe könnte z. B. auch bei Gasmassen resultieren, welche sich unter stärkerem Druck befinden, die Hauptbedingung ist die, daß das kontinuierliche Spektrum von dunklen Linien durchzogen ist, erst dann ist positive Sicherheit gegeben, daß das Licht von Fixsternen her-

rührt. Das Erkennen dunkler Linien in den äußerst schwachen kontinuierlichen Spektren dieser Himmelskörper ist aber bis vor kurzem nicht möglich gewesen, und erst vor wenigen Jahren ist es durch die Anwendung der Spektralphotographie mit Expositionszeiten von vielen Stunden gelungen, in dem Spektrum des spiralförmigen Andromedanebels die dunklen Linien nicht bloß zu sehen, sondern auch durch Messung soweit festzulegen, daß die Natur des Spektrums sich genauer erkennen ließ: es gehört der uns schon bekannten zweiten Spektralklasse der Sterne an.

Mit dieser Erkenntnis aber sind wir einen großen Schritt weiter gekommen, wir haben — allerdings noch unter Vorbehalt der Beantwortung der zweiten Frage — die Berechtigung gewonnen, die Formen der Spiral- oder der spindelförmigen Nebel etwas genauer mit der Gestalt unseres Fixsternsystems zu vergleichen.

Die Wahl zwischen diesen beiden Arten von Nebelflecken, oder wie es exakter jetzt heißen muß, von Sternhaufen, fällt meines Erachtens nicht schwer. Die flachlinsige Gestalt der spindelförmigen Nebel würde genau den früheren Ansichten über unser Fixsternsystem entsprechen, nach welchen die Milchstraße nicht ein reelles Phänomen, sondern wesentlich nur ein perspektivisches sein sollte. Wir haben aber bereits die zwingenden Gründe kennen gelernt, nach denen die Milchstraße etwas reell Existierendes sein muß, und damit fallen die spindelförmigen Nebel aus den weiteren Betrachtungen heraus, und es bleiben nur noch die Spiralnebel übrig.

Wie stellt sich nun hierzu die Beantwortung unserer zweiten Frage? Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, daß dieselbe für eine große Zahl von Nebeln und Sternhaufen zu verneinen ist. Sehr viele Sternhaufen befinden sich in der Milchstraße, so daß dieselbe stellenweise direkt als aus Sternhaufen zusammengesetzt erscheint; sie gehören also auch zu derselben. Viele andere Sternhaufen lassen sich mit großer Leichtigkeit in die einzelnen Sterne auflösen, ähnlich wie die Milchstraße selbst, es liegt also gar keine Veranlassung vor, diese Objekte in größere Entfernungen zu versetzen, als sie innerhalb unseres Sternsystems selbst vorhanden sind; denn sonst, wenn sie ganz außerhalb lägen, also selbständige Systeme bildeten, müßten die sie zusammensetzenden Sterne von ganz

ungeheurer Größe sein; sie würden sonst nicht mehr als einzelne Sterne zu erkennen sein.

Zu ähnlichen Resultaten gelangen wir in Betreff vieler Gasnebel. Bei den größeren, unregelmäßig gestalteten Nebelflecken, z. B. dem Orionnebel, kann man aus ihrer Struktur unmittelbar ihren Zusammenhang mit einzelnen innerhalb gelegenen Sternen erkennen; diese Sterne befinden sich häufig an den dichtesten Stellen der Nebel und von einzelnen derselben gehen direkt Nebelstrahlen und Fasern aus. Solche Sterne erscheinen also nicht zufällig auf den Nebel projiziert, sondern sie gehören zu ihm, sie stellen gleichsam Massenverdichtungen des Nebels dar. Will man diese Nebel als außerhalb des Sternsystems gelegen betrachten, dann bleibt auch hier nichts anderes übrig, als den zugehörigen Sternen ungeheure Dimensionen zu geben. Viel plausibler erscheint es, diese Fixsterne und damit die großen Nebel selbst als innerhalb unseres Systems gelegen zu betrachten. Noch ein weiteres kommt hinzu: Fast alle planetarischen Nebel sind in oder nahe bei der Milchstraße gelegen; ihre Verteilung erfolgt also nach demselben Gesetz wie die der Fixsterne, also gehören sie auch räumlich zu den letzteren.

Bei vielen anderen Nebeln oder Sternhaufen läßt sich ein solcher Zusammenhang mit den Sternen nicht nachweisen; es bleibt jedem unbenommen sie nach Belieben sich innerhalb oder außerhalb unseres Systems zu denken; bei anderen aber liegt die größere Wahrscheinlichkeit vor, daß sie selbständige Systeme sind, ohne Verbindung mit unserer Fixsterninsel. Hierhin gehören die Nebel mit kontinuierlichem Spektrum, die selbst in den größten Fernrohren keine Spur von Auflöslichkeit in Sterne zeigen, aus dem einfachen Grunde, weil sie hierzu zu weit entfernt von uns zu sein scheinen. Befänden sie sich in unserem System, so müßten die Sterne, die sie zusammensetzen, außergewöhnlich klein sein. Zu dieser Klasse gehören aber gerade, wie wir gesehen haben, die Spiralnebel.

Man könnte nun die Frage aufwerfen, ob es denn überhaupt außer unserem System noch andere Fixsterninseln im Weltall zu geben braucht, oder ob nicht das ganze übrige All leer ist. Exakt ist diese Frage natürlich nicht zu beantworten, aber die folgenden Gedanken darüber mögen doch wohl eine gewisse Berechtigung haben. Als noch die Lehren des Aristoteles

die ganze wissenschaftliche Welt beherrschten, war im Menschengeschlecht die tiefgewurzelte Anschauung vorhanden, daß unsere Erde das einzig Feste im ganzen Weltall sei. Alle übrigen Gestirne waren gleichsam nur der Erde wegen da, speziell sogar nur der Menschen wegen, eine Ansicht, der wir ja übrigens auch in der mosaischen Schöpfungsgeschichte begegnen. Jetzt wissen wir, daß unsere Erde und damit das ganze Menschengeschlecht nur ein Nichts in unserem Fixsternsystem darstellt; aber ebenso genau wissen wir auch, daß wiederum unser Fixsternsystem ein Nichts gegenüber dem unendlichen All bedeutet.

Sollen wir denn nun trotz dieser Kenntnis den alten Aristotelischen Standpunkt, im übertragenen Sinne, festhalten, daß mit unserem Fixsternsystem das All erschöpft sei, daß in dem unendlichen All diese beschränkte Menge von Materie nur vorhanden sei, und nicht eine ebenfalls unendliche Menge! Das erstere erscheint mir so unwahrscheinlich, daß ich es gar keiner weiteren Diskussion unterziehen möchte. Es muß vielmehr eine vielleicht unendliche Zahl von anderen Fixsternsystemen geben, die voneinander durch völlig unvorstellbare Entfernungen getrennt sind, und von denen wir natürlich nur die nächsten noch wahrnehmen können. Zu diesen noch wahrnehmbaren müssen wir nun nach dem Vorhergehenden unter anderen die Spiralnebel rechnen, weil sie bisher jeder Auflösung in Sterne widerstanden haben.

Wir sind nunmehr auch durch die Beantwortung der zweiten Frage zum Schlusse gelangt, daß eine große Berechtigung vorliegt, unser Fixsternsystem mit den Spiralnebeln oder besser Spiralsystemen zu vergleichen, respektive, um es mit direkten Worten zu sagen, anzunehmen, daß die Milchstraße nicht ein Ring oder Gürtel ist, sondern sich aus Spiralstreifen zusammensetzt, die ihren Ursprung in dem mittlern Sternhaufen unseres Systems haben. Von unserer zentralen Stellung aus lassen sich natürlich die Spiralen nicht für sich erkennen, vielmehr müssen sie durch ihre teilweisen Übereinanderlagerungen scheinbar einen geschlossenen Ring bilden; aber manche Eigentümlichkeiten der Milchstraße lassen sich nunmehr sehr gut deuten. Die Stellen derselben, die am leichtesten auflöslich sind, werden den näher gelegenen Teilen der Spiralen entsprechen, umgekehrt die schwerer auflösbaren den entfernteren Partien. Die

wahrscheinlich gewordene größere Ausdehnung der Milchstraße in ihrer Ebene ist jetzt durchaus zu vereinbaren mit den bereits erwähnten röhrenförmigen Öffnungen, welche letztere zwischen den einzelnen Spiralgängen gelegen sein könnten.

Die Teilungen der Milchstraße wären sehr einfach zu deuten durch hintereinander gelagerte Spiralgänge, die von der Ebene seitlich etwas abweichen. Die Ergebnisse einer genaueren

Fig. 24.

Betrachtung der Verhältnisse im Andromedasystem lassen sich fast bis in alle Einzelheiten auf die Milchstraße anwenden. Hier wie dort fehlt es nicht an einer großen Zahl von Verdichtungen und Knoten, die Sternhaufen der Milchstraße, und hier wie dort stellt sich der mittlere Sternhaufen als abgeplattete Kugel dar. Fig. 24 gibt ein Bild des Andromedanebels. Es ist hier nicht der Ort, auf derartige Details näher einzugehen;

um es noch einmal kurz zu sagen, ich betrachte unser Sternsystem als von annähernd derselben Form wie dasjenige des Andromedanebels und glaube damit eine befriedigende Lösung für die Frage nach dem äußern Bau des Fixsternsystems gegeben zu haben, und gleichzeitig nicht bloß hierfür sondern auch für die weitere Frage nach dem Bau des Weltalls: das ganze Weltall, soweit es uns zugänglich ist, müssen wir uns mit derartigen oder anders gebauten Fixsterninseln ausgefüllt denken.

Es ist die Aufgabe verlockend, unter dieser Voraussetzung irgend etwas über die Entfernungen der Fixsterninseln untereinander kennen zu lernen. Auch diese Aufgabe läßt sich in roher Annäherung lösen, nämlich unter der im einzelnen gewiß unrichtigen, im großen und ganzen aber doch wohl berechtigten Annahme, daß die Spiralsysteme alle von der gleichen Größe wie unser System seien.

Dann läßt sich die Entfernung der einzelnen Systeme von uns, ausgedrückt in Durchmessern unseres Systems, sehr leicht aus der scheinbaren Größe am Himmel berechnen. Der scheinbar größte von ihnen, der Andromedanebel, hat einen Durchmesser von etwa 3^0, er würde danach etwa um 20 solcher Durchmesser von uns entfernt sein. Der zweitgrößte von ihnen ist der Spiralnebel in den Jagdhunden von etwa $10'$ Durchmesser, derselbe würde schon mehr als 300 Durchmesser entfernt sein, die übrigen würden alle noch weiter liegen. Zum bessern Verständnisse mögen diese Entfernungen in Lichtjahren ausgedrückt werden.

Wir hatten als äußerste Entfernung der Sterne unseres Systems von uns den Betrag von 22000 Lichtjahren gefunden, der Durchmesser würde also 44000 Lichtjahre betragen. Nach obigem wäre der Andromedanebel 20 mal weiter entfernt, das wäre rund eine halbe Million Lichtjahre, der Spiralnebel in den Jagdhunden etwa 300 mal weiter oder $6\frac{1}{2}$ Millionen Lichtjahre. Das sind aber Zeiträume, in denen selbst am Himmel merkliche Veränderungen vor sich gehen. Vor $6\frac{1}{2}$ Millionen Jahren hat der Spiralnebel in den Jagdhunden so ausgesehen, wie er uns jetzt erscheint, wie mag wohl sein jetziges Aussehen sein? Ich möchte hier wie schon früher betonen, daß ja alle diese Zahlen um das Mehrfache ihres Betrags unrichtig sein können, das ändert aber nicht im geringsten unsere Schlüsse und Anschauungen. Und wenn der Spiralnebel in den Jagd-

hunden nur eine Million Lichtjahre von uns entfernt ist, verstehen und fassen können wir es doch nicht.

Wir nähern uns dem Ende unserer Betrachtungen; die äußersten Grenzen des uns Zugänglichen sind erreicht. Wollten wir noch weiter gehen, so würde der ohnehin schon schwankend gewordene Boden der wissenschaftlichen Forschung ganz entschwinden, und das soll nach dem eingangs Gesagten vermieden werden.

Noch viele Fragen drängen sich auf, nach dem Entstehen und Vergehen der Fixsterne, nach der Ursache, welche die Spiralformen der Sternsysteme bedingt hat; aber wie wollen wir sie beantworten, die wir noch nicht einmal imstande sind, die Geschichte unseres Sonnensystems bis zum „Anfang" zurückzuverfolgen. Darüber wissen wir nur mit Sicherheit, daß wir es nie erfahren werden, hier wie überall, wo es sich um das Erkennen der ersten oder der letzten Dinge handelt, gilt das Dubois-Reymondsche Wort:

Ignorabimus.

Wir werden es nie wissen.

Anhang.

Für diejenigen Leser, welche sich über die in den vorigen Kapiteln behandelten Fragen gern noch etwas genauer orientieren wollen, als dies durch den fortlaufenden Text möglich ist, möchte ich in diesem Anhange eine Reihe von Erläuterungen und Daten anfügen.

1. Unser Planetensystem.

Die folgende Tabelle I enthält: 1. Die (siderische) Umlaufszeit in Tagen. 2. Die mittlere Entfernung von der Sonne in Einheiten der Erdentfernung und in Millionen Kilometern. 3. Die Exzentrizitäten der Planetenbahnen. 4. Die Neigung der Bahnebenen gegen die Bahnebene der Erde oder Ekliptik.

Tabelle I.

Planeten	Umlaufszeit	Mittlere Entfernung in Erdentfernungen	Mittlere Entfernung in Mill. km	Exzentrizität	Neigung
Merkur	87,97	0,3871	58	0,206	7° 0′
Venus	224,70	0,7233	108	0,007	3 24
Erde	365,26	1,0000	149	0,017	0 0
Mars	686,98	1,5237	226	0,093	1 51
Jupiter	4 332,59	5,2028	773	0,048	1 19
Saturn	10 759,24	9,5389	1418	0,056	2 30
Uranus	30 688,39	19,1834	2851	0,046	0 46
Neptun	60 181,11	30,0544	4467	0,009	1 47

Die Tabelle II enthält Angaben über die Planeten und die Sonne selbst, und zwar: 1. Die äquatorialen Durchmesser in Einheiten des Erddurchmessers und in Kilometern. 2. Die Abplattung. 3. Die Massen in Einheiten der Sonnenmasse und in Einheiten der Erdmasse. Die Dichtigkeit der Planeten, Erddichte als Einheit gesetzt. (Die Erddichte selbst ist 5,6 mal größer als die des Wassers.) 5. Die Schwerkraft, diejenige der Erde als 1 gesetzt. 6. Die Rotationsdauer.

Tabelle II.

Namen	Durchmesser a	Durchmesser km	Abplattung	Masse Sonne = 1	Masse Erde = 1	Dichtigkeit	Schwerkraft	Rotation
Merkur	0,37	4 800	0	$^1/_{3563200}$	0,04	0,80	0,44	88 Tage
Venus	0,95	12 100	0	$^1/_{401839}$	0,81	0,95	0,80	224 = ?
Erde	1,00	12 756	$^1/_{290}$	$^1/_{324439}$	1,00	1,00	1,00	24 Stunden
Mars	0,53	6 770	0	$^1/_{2680337}$	0,12	0,81	0,38	24—41 Min.
Jupiter	11,07	141 300	$^1/_{16}$	$^1/_{1048}$	309,61	0,23	2,25	9—57 =
Saturn	9,31	118 800	$^1/_9$	$^1/_{3502}$	92,65	0,12	0,89	10—18 =
Uranus	3,92	50 000	?	$^1/_{22000}$	14,74	0,25	0,91	?
Neptun	4,88	62 200	?	$^1/_{19700}$	16,47	0,14	1,56	?
Sonne	108,44	1 383 200	0	1	324 439	0,25	27,62	25—27 Tage

Die kleinen Planeten, von denen jetzt schon etwa 500 bekannt sind, bewegen sich mit einer Ausnahme zwischen Jupiter und Mars. Ihre Bahnen sind häufig sehr stark exzentrisch, auch starke Neigungen gegen die Ekliptik kommen vor.

Die folgenden Tabellen geben Aufschluß über die Verhältnisse der Monde und ihrer Bahnen.

Tabelle III.

Erdmond.

Umlaufszeit (siderische)		27,322 Tage.
Neigung der Bahn gegen den Äquator		5° 9′,
Exzentrizität der Bahn		0,055,
Entfernung von der Erde		385 080 km,
Durchmesser		3480 km,
Masse	Erde = 1	0,012,
Oberfläche	Erde = 1	0,075,
Volumen	Erde = 1	0,020,
Dichtigkeit	Erde = 1	0,604.

Tabelle IV.

Marsmonde.

	Phobos	Deimos
Umlaufszeit	0,319 Tage	1,262 Tage
Entfernung von Mars	9380 km	23 400 km,
Exzentrizität der Bahn	0,032	0,006
Neigung der Bahn	26° 17′	25° 47′

Tabelle V.

Jupitermonde.

	I	II	III	IV
Umlaufszeit (sid.)	1,769 Tage	3,551 Tage	7,155 Tage	16,689 Tage
Entf. vom Jupiter	420 000 km	669 000 km	1 067 000 km	1 877 000 km
Exzentriz. der Bahn	0	0	0,001	0,007
Neigung der Bahn	2° 8′	1° 39′	2° 0′	1° 57′
Durchmesser	4070 km	3430 km	5790 km	4830 km

Der vor einigen Jahren entdeckte sehr lichtschwache 5. Mond hat eine Umlaufszeit von ungefähr 12 Stunden.

Tabelle VI.

Saturnmonde.

	Mimos	Enceladus	Thetis	Dione
Umlaufszeit (sid.)	0,942 Tage	1,370 Tage	1,188 Tage	2,737 Tage
Entfern. v. Saturn	186 000 km	238 000 km	294 000 km	379 000 km
Exzentr. der Bahn	?	?	0,011	0,003
Neigung der Bahn	?	?	28° 10′	28° 10′

	Rhea	Titan	Hyperion	Japetus
Umlaufszeit (sid.)	4,517 Tage	15,945 Tage	21,311 Tage	79,329 Tage
Entfern v. Saturn	526 000 km	1 222 000 km	1 480 000 km	3 558 000 km
Exzentr. der Bahn	0 001	0,028	0,125	0,028
Neigung der Bahn	28° 8′	27° 37′	28° 10′	18° 38′

Tabelle VII.

Uranusmonde.

	Ariel	Umbriel	Titania	Oberon
Umlaufszeit (sid.)	2,520 Tage	4,144 Tage	8,706 Tage	13,463 Tage
Entfern. v. Uranus	194 000 km	271 000 km	414 000 km	593 000 km
Exzentr. der Bahn	0,020	0,010	0,001	0,004
Neigung der Bahn	97° 58′	98° 21′	97° 47′	97° 54′

Tabelle VIII.

Neptunmond.

Umlaufszeit (siderische) . . 5,877 Tage,
Entfernung vom Neptun . 454 000 km,
Exzentrizität der Bahn . . 0,009,
Neigung der Bahn . . . 145° 7′.

2. Scheinbare Bewegungen der Fixsterne.

Refraktion. Die Refraktion, die natürlich bei allen Gestirnen in der gleichen Weise wirkt, ist in ihrer Abhängigkeit von der Höhe über dem Horizonte aus der folgenden Tabelle näher zu erkennen, in welcher angegeben ist, um wieviel der Ort eines Sternes für die vorgeschriebene Höhe zu hoch erscheint.

Tabelle IX.

Mittlere Refraktion.

Höhe	Refraktion	Höhe	Refraktion	Höhe	Refraktion	Höhe	Refraktion
(Zenith)							
90°	0° 0′ 0″	35°	0° 1′ 22″	9°	0° 5′ 49″	3°	0° 14′ 15″
80	0 0 10	30	0 1 40	8	0 6 30	2	0 18 9
70	0 0 21	25	0 2 3	7	0 7 20	1	0 24 25
60	0 0 33	20	0 2 37	6	0 8 23	0° 40′	0 27 23
50	0 0 48	15	0 3 32	5	0 9 47	0 20	0 30 52
40	0 1 9	10	0 5 16	4	0 11 39	0 0	0 34 54

Diese mittlere Refraktion ist noch ziemlich starken Schwankungen unterworfen, je nach Barometerstand und Temperatur. Je höher das Barometer steht und je tiefer die Temperatur ist, um so stärker wird die Refraktion.

Präzession. Die Präzession wird verursacht durch die Anziehung von Sonne und Mond auf die abgeplattete Erde; wäre letztere eine wirkliche Kugel, so würde keine Präzession stattfinden. Infolge der Präzession wandern die Durchschnittspunkte von Ekliptik und Äquator, oder die Frühlings- und Herbsttagundnachtgleichungspunkte in 26 000 Jahren einmal an der Ekliptik herum. Der genauere Wert ist hierfür 50″, 2 im Jahre, doch ist derselbe nicht konstant, sondern nimmt langsam zu.

Eine andere periodische Bewegung der Erdachse kommt dadurch zustande, daß die Neigung der Mondbahn gegen den Erdäquator einer Schwankung unterworfen ist, die in 18 bis 19 Jahren vor sich geht. Die hieraus resultierende periodische Bewegung der Erdachse, die ungefähr 9″ betragen kann, wird Nutation genannt.

Aberration. Der genaue Betrag der Aberration ist 20″, 49. Außer dieser jährlichen Aberration existiert auch noch eine tägliche, die durch die Drehung der Erde um ihre Achse hervorgerufen wird. Dieselbe ist natürlich am stärksten am Äquator der Erde, weil dort die größte Geschwindigkeit herrscht. Sie ist übrigens ganz unbedeutend, da sie ja in demselben Verhältnis

geringer als die jährliche Aberration ist, wie die Rotationsgeschwindigkeit der Erde kleiner als ihre Umlaufsgeschwindigkeit ist.

Parallaxe der Fixsterne. Die Fixsternparallaxen sind alle sehr klein. In der folgenden Tabelle sind einige der größten bisher ermittelten aufgeführt, nebst den daraus resultierenden Entfernungen in Lichtjahren. Die Bezeichnung der Sterne ist hierbei teils nach griechischen Buchstaben innerhalb der einzelnen Sternbilder, teils nach den betreffenden Sternkatalogen gegeben; erstere Bezeichnung bei den helleren, letztere bei den schwächeren Sternen.

Tabelle X.

Parallaxen.

Stern	Parallaxe	Entfernung Lichtjahre	Stern	Parallaxe	Entfernung Lichtjahre
α Centauri . . .	0″,75	4	Lalande 9352 . .	0″,28	12
α Tauri.	0,5?	6	Struve 1516 . . .	0,28	12
Lalande 21185 . .	0,50	6,5	ν^2 Draconis . . .	0,28	12
6 Cygni.	0,48?	7	Procyon.	0,27	12
61 Cygni	0,40	8	Lalande 21258. .	0,26	12,5
η Herculis. . . .	0,40	8	Arg. Oeltz. 11677.	0,26	12,5
Sirius	0,39	8	σ Draconis . . .	0,25	13
Struve 2398. . .	0,35	9	Arg. Oeltz. 17415.	0,25	13
μ Cassiopejae . .	0,34?	10	ε Indi	0,20	16
Groombridge 1618	0,32	10	α Aquilae	0,20	16
ν^1 Draconis . . .	0,32	10	10 Urs. Maj. . .	0,20	16
Groombridge 34 .	0,29	11	α Geminorum . .	0,20	16

3. Wirkliche Bewegungen der Fixsterne.

Eigenbewegungen der Fixsterne. Die stärksten bis jetzt bekannten Eigenbewegungen von Fixsternen sind pro Jahr die folgenden:

Tabelle XI.

Eigenbewegungen.

Stern	Helligkeit	Eigenbewegung	Stern	Helligkeit	Eigenbewegung
$5^h\ 7^m - 45^0$ . . .	8	8″,7	ε Eridani	4,4	3″,0
1830 Groombridge	6,7	7,0	34 Groombridge .	8,2	2,8
Lacaille 9352 . .	7,2	6,9	Piazzi II. 123 . .	6,3	2,4
61 Cygni	5,6	5,2	Lalande 25372 . .	8,0	2,3
Lalande 21185 . .	7,3	4,7	α Bootis	1	2,3
ε Indi	4,5	4,5	P. M. 2164 . . .	8,5	2,3

Stern	Helligkeit	Eigenbewegung	Stern	Helligkeit	Eigenbewegung
Lalande 21258 . .	8,6	4″4	Lacaille 661 . . .	6,4	2″2
40 Eridani . . .	4,5	4,1	Lalande 7443 . .	8,5	2,2
μ Cassiopejae. . .	5,6	3,7	W. B. 592 . . .	9	2,2
α Centauri . . .	1	3,7	β Hydri	3	2,1
Argel. Oeltz. 14318	9,1	3,6	Bradley 3077 . .	5,9	2,1
= = 14320	8,9		ξ Tucani	4,5	2,0
Lacaille 8760 . .	6,7	3,5	Piazzi XIV. 212 .	4,9	2,0
Argel. Oeltz. 11677	9	3,0	Lalande 15290 . .	8,3	2,0

Die mit Hilfe des Spektroskops ermittelten absoluten Geschwindigkeiten (Kilometer pro Sekunde) der helleren Fixsterne in der Gesichtslinie sind die folgenden:

Tabelle XII.

Absolute Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie.

Stern	Größe	Geschwindigkeit	Stern	Größe	Geschwindigkeit
α Andromedae	2,0	+ 4 km	α Leonis	1,3	— 9 km
β Cassiopejae	2,1	+ 5 =	γ Leonis	2,0	— 38 =
α Cassiopejae	var.	— 16 =	β Ursae Maj.	2,3	— 30 =
γ Cassiopejae	2,0	— 4 =	α Ursae Maj.	2,0	— 12 =
β Andromedae	2,3	+ 11 =	δ Leonis	2,3	— 14 =
α Ursae Min.	2,0	— 24 =	β Leonis	2,0	— 12 =
γ Andromedae	2,4	— 13 =	γ Ursae Maj	2,3	— 27 =
α Arietis	2,0	— 15 =	ε Ursae Maj.	2,0	— 30 =
β Persei	var.	— 2 =	α Virginis	1	— 15 =
α Persei	2,0	— 11 =	ξ Ursae Maj.	2,1	— 31 =
α Tauri	1	+ 48 =	η Ursae Maj.	2,0	— 26 =
α Aurigae	1	+ 24 =	α Bootis	1	— 7 =
β Orionis	1	+ 17 =	ε Bootis	2,0	— 16 =
γ Orionis	2,0	+ 9 =	β Ursae Min.	2,0	— 14 =
β Tauri	2,0	+ 8 =	α Coronae bor.	2,0	+ 32 =
δ Orionis	2,5	+ 1 =	β Herculis	2,3	— 35 =
ε Orionis	2,0	+ 27 =	α Ophiuchi	2,0	+ 19 =
ζ Orionis	2,0	+ 15 =	α Lyrae	1	— 15 =
α Orionis	1	+ 17 =	α Aquilae	1,3	— 37 =
β Aurigae	2,0	— 28 =	γ Cygni	2,4	— 7 =
γ Geminorum	2,3	— 17 =	α Cygni	1,6	— 8 =
α Can. Major.	1	— 15 =	ε Pegasi	2,3	+ 8 =
α Can. Min.	1	— 9 =	α Pegasi	2,0	+ 1 =
β Geminorum	1,3	+ 1 =			

Die Resultate dieser Tabelle sind nach älteren Beobachtungen gegeben; sie werden im einzelnen späterhin zu korrigieren sein; doch ist ihre Genauigkeit eine ausreichende für einen allgemeinen Überblick.

Auch für einige der hellsten Nebelflecke sind die Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie ermittelt worden. Dieselben sind in der folgenden Tabelle enthalten, in welcher die Nebel selbst, mit Ausnahme des hellsten, des Orionnebels, mit den Nummern der beiden Hauptkataloge der Nebelflecken bezeichnet sind.

Tabelle XIII.

Absolute Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie bei Nebelflecken.

Nebel	Geschwindigkeit	Nebel	Geschwindigkeit
Orionnebel	+ 18 km	N. GC. 6790	+ 48 km
GC. 826	— 10 "	GC. 4510	— 17 "
GC. 2102	+ 6 "	GC. 4514	— 5 "
GC. 4234	— 34 "	N. GC. 6891	+ 40 "
GC. 5851	— 51 "	GC. 4628	— 49 "
GC. 4373	— 64 "	N. GC. 7027	+ 10 "
GC. 4390	— 10 "	GC. 4964	— 11 "

Doppelsterne. Von den Tausenden von Doppelsternen, die bereits bekannt sind, mögen einige, die sich durch ihre Helligkeit oder sonstwie auszeichnen, hier angeführt werden. In der Rubrik Helligkeit ist die Größe der beiden Sterne gegeben.

Tabelle XIV.

Doppelsterne.

Stern	Helligkeit	Distanz	Stern	Helligkeit	Distanz
Polarstern . . .	2 u. 9	18″5	γ Leonis . . .	2 u. 3,4	3″5
α Piscium . . .	3 4	3,0	γ Virginis . . .	3 3	5,0
γ Ceti	3 7	2,8	ζ Ursae Maj. .	2 4	14,3
ζ Persei . . .	2,3 9,10	12,8	δ Serpentis . .	3 4	3,3
ε Persei . . .	3 8,9	8,8	β Scorpii . . .	3 4	13,8
Aldebaran . . .	1 11	115	Antares. . . .	1 7	3,2
Rigel.	1 8	9,2	η Draconis . .	2 8	5,3
β Leporis . . .	3 11	3,2	ζ Herculis . .	3 6,7	1,4
δ Orionis. . .	2 7	52,7	α Herculis . .	3 6	4,7
ι Orionis . . .	3 7,8	11,3	δ Herculis . .	3 8	17,8
ζ Orionis . . .	2 5,6	2,5	Wega	1 9	48,5
ϑ Aurigae . .	3 7,8	2,1	β Lyrae . . .	3 6,7	45,8
Sirius	1 8,9	11,3	β Cygni . . .	3 5,6	34,5
ε Can. Maj. .	2 9	7,4	δ Cygni . . .	3 8	1,6
δ Geminorum .	3 8	7,1	β Delphini . .	3 4,5	0,1
Castor	2,3 3,4	5,7	β Cephei . . .	3 8	13,4

Bei einigen dieser Doppelsterne, besonders bei den sehr engen, sind die Bahnbewegungen so merklich, daß die angegebenen Distanzen, die für das Jahr 1880 berechnet sind, heute nicht mehr genau zutreffen.

Die folgende Tabelle enthält einige Angaben über Doppelsternbahnen, die bisher berechnet worden sind. In der zweiten Kolumne ist das interessanteste Element der Bahn, die Umlaufszeit in Jahren, angeführt. Die dritte Kolumne gibt die halbe große Achse der Ellipse an, in welcher sich die Sterne bewegen, und Kolumne vier die Exzentrizität der Bahnellipse.

Tabelle XV.

Doppelsternbahnen.

Stern	Umlaufszeit Jahr	Halbe große Achse	Exzentrizität
δ Equulei	11,5	0″,41	0,20
β Delphini	17,0	0,46	0,10
ζ Sagittarii	18,7	0,53	0,17
42 Comae	25,7	0,66	0,48
ξ Herculis	34,4	1,28	0,46
Struve 3121 . . .	34,6	0,67	0,31
Procyon	40,0	0,70	—
η Coronae	41,6	0,89	0,27
Struve 2173 . . .	45,4	1,01	0,14
Sirius	49,4	2,33	0,61
τ Cygni	53,9	1,19	0,35
μ^2 Herculis	54,3	1,46	0,30
γ Coron. austr. . .	55,6	2,40	0,70
O. Struve 298 . .	56,7	0,88	0,58
ζ Cancri	60,3	0,85	0,39
ξ Ursae Maj. . . .	60,7	2,62	0,38
O. Struve 234 . .	63,5	0,34	0,36
α Centauri	87,4	18,89	0,54
O. Struve 235 . .	94,4	0,98	0,50
70 p Ophiuchi . . .	94,4	4,79	0,47
γ Coron. bor. . . .	95,5	0,70	0,35
ξ Skorpii	95,9	1,26	0,08
Struve 3062 . . .	102,9	1,27	0,45
ω Leonis	110,8	0,89	0,54
O. Struve 208 . .	115,4	0,54	0,79
p Eridani	117,5	3,82	0,38
25 Canum	119,9	0,81	0,72
λ Ophiuchi	122,5	0,81	0,82
ξ Bootis	127,4	4,86	0,71

Stern	Umlaufszeit Jahr	Halbe große Achse	Exzentrizität
4 Aquarii	129,8	0″,72	0,46
40 Eridani . . .	139,0	6,00	0,14
η Cassiopejae . . .	148,9	8,79	0,63
γ Virginis	169,5	3,86	0,88
O. Struve 400 . .	170,4	0,59	0,67
Struve 2107 . . .	186,2	1,00	0,39
ι Orionis	190,5	1,22	0,25

Je länger die Umlaufszeit ist, um so ungenauer wird im allgemeinen die Bahnbestimmung, deshalb sind hier diejenigen von über 200 Jahren Umlaufszeit nicht mehr aufgeführt. Bahnbestimmungen sind aber noch ausgeführt worden bis zu Umlaufszeiten von 1600 Jahren.

4. Veränderliche Sterne.

Von den veränderlichen Sternen sind in der folgenden Tabelle diejenigen enthalten, welche im Maximum dem bloßen Auge eben sichtbar werden können. Die Tabelle gibt hinter dem Namen des Sternes die Maximal- und Minimalhelligkeit in Größenklassen, und sodann die Perioden des Lichtwechsels nebst Bemerkungen.

Tabelle XVI.

Veränderliche Sterne.

Stern	Größe Maxim.	Größe Minim.	Periode. Bemerkungen.
T Ceti	5,1	$<$7,0	unregelmäßig.
R Andromedae .	5,6	13	411 Tage, mit Schwankungen.
α Cassiopejae . .	2,2	2,8	unregelmäßig.
o Ceti	1,7	9,5	332 Tage, recht unregelmäßig.
R Trianguli . .	5,8	11,7	268 Tage.
R Horologii . .	5,8	10,0	371 =
ϱ Persei	3,4	4,2	unregelmäßig.
β Persei (Algol) .	2,3	3,5	2 T. 20 St. 49 Min. (Algoltypus).
Nova Persei . .	1	—	Neuer Stern von 1901.
λ Tauri	3,4	4,2	3 T. 22 St. 52 Min. (Algoltypus).
ε Aurigae . . .	3,0	4,5	unregelmäßig.
T Aurigae . . .	4,5	$<$15	Neuer Stern von 1892.
α Orionis . . .	1	1,4	unregelmäßig.
η Geminorum .	3,2	4,2	231 Tage.
T Monocerotis .	5,8	8,2	27 =
S Monocerotis .	4,9	5,4	?
ζ Geminorum . .	3,7	4,5	10 = (Lyratypus).

Stern	Größe Maxim.	Größe Minim.	Periode. Bemerkungen.
L_2 Puppis	3,5	6,3	140 Tage.
U Monocerotis	5,9	8,0	46 =
R Carinae	4,3	10,0	310 =
R Leonis	5,2	10,0	313 =
l Carinae	3,7	5,2	35 =
U Hydrae	4,5	6,3	unregelmäßig.
η Carinae	> 1	7,4	unregelmäßig.
R Hydrae	3,5	9,7	425 Tage.
S Virginis	5,7	12,5	376 =
T Centauri	5,9	9,2	91 =
R Bootis	5,9	12,2	223 =
W Bootis	5,2	6,1	unregelmäßig.
δ Librae	5,0	6,2	2 T. 7 Std. 51 Min. (Algoltypus).
R Coronae	5,8	13	unregelmäßig.
R Serpentis	5,6	13	357 Tage.
T Coronae	2,0	9,5	Neuer Stern von 1866.
X Herculis	5,9	7,2	93 Tage, sehr unregelmäßig.
g Herculis	4,7	6,0	unregelmäßig.
S Herculis	5,9	13	308 Tage, sehr unregelmäßig.
— Ophiuchi	5,5	12,5	Neuer Stern von 1848.
α Herculis	6,0	6,7	unregelmäßig.
u Herculis	4,6	5,4	=
— Serpentarii	8,2	< 12	Neuer Stern von 1604
X Sagittarii	4	6	7 Tage.
W Sagittarii	4,8	5,8	6 =
Y Sagittarii	5,8	6,6	6 =
d Serpentis	5,0	5,7	9 =
R Scuti	4,7	9,0	71 Tage, recht unregelmäßig.
β Lyrae	3,4	4,5	12 T. 21 Std. 47 Min. (Lyratypus).
κ Pavonis	4,0	5,5	9 Tage
R Lyrae	4,0	4,7	46 =
R Aquilae	5,9	11,5	361 =
Y Aquilae	5,3	5,7	5 =
R Cygni	5,9	< 14	426 =
χ Cygni	4,0	13,5	406 =
η Aquilae	3,5	4,7	7 = (Lyratypus).
S Sagittae	5,6	6,4	8 =
P Cygni	3,5	< 6	Neuer Stern von 1600.
F Vulpeculae	5,5	6,5	4 Tage (Lyratypus).
T Cephei	8,8	13 5	387 =
W Cygni	5,0	6,7	132 =
Q Cygni	3	14,8	Neuer Stern von 1876.
μ Cephei	4	5	unregelmäßig.
δ Cephei	3,7	4,9	5 T. 8. St. 48 Min. (Lyratypus).
β Pegasi	2,2	2,7	unregelmäßig.
R Aquarii	5,8	11	387 Tage.
R Cassiopejae	4,8	12	430 =

5. Spektralanalyse.

Für den mathematisch etwas vorgebildeten Leser seien folgende Erläuterungen zum Kirchhoffschen Satze und zu seinen Folgerungen gegeben. Nach dem Kirchhoffschen Satze ist das Verhältnis von Emission zur Absorption für eine bestimmte Wellenlänge und Temperatur für alle Körper dasselbe; es ist also, wenn mit E das Emissions- und mit A das Absorptionsvermögen bezeichnet wird $\frac{E}{A} = e$, wo e eine Konstante ist, die eine bestimmte physikalische Bedeutung hat, nämlich das Emissionsvermögen eines sogenannten absolut schwarzen Körpers. Will man den Kirchhoffschen Satz für beliebige Wellenlängen und Temperaturen ausdrücken, so schreibt man $\frac{E}{A} = J$, wobei die Funktion J, die Kirchhoffsche Funktion, allein von Wellenlänge und Temperatur abhängt und nach den neuesten Untersuchungen die folgende mathematische Form besitzt $J = \frac{C \cdot \lambda^{-5}}{e^{\frac{c}{\lambda T}} - 1}$.

Hiervon bedeutet C eine Konstante, λ die Wellenlänge, T die absolute Temperatur (Temperatur in Celsiusgraden $+ 273^0$). c hat den Wert 14600.

Der Beweis für die Identität von hellen und dunklen Linien oder von der Reziprozität von Emission und Absorption gestaltet sich nun folgendermaßen. Bei einer bestimmten Temperatur ist das Verhalten des Emissionsvermögens bei Gasen unmittelbar experimentell zu untersuchen als Funktion der Wellenlänge. Es zeigt sich hierbei, daß das Emissionsvermögen E im allgemeinen eine recht komplizierte Funktion der Wellenlänge ist, indem es für die meisten Wellenlängen den Wert Null hat, und für bestimmte Wellenlängen plötzlich einen hohen Wert annimmt — es ist dies nur die mathematische Ausdrucksweise für das Erscheinen der hellen Linien. Ebenso weiß man aus obiger Gleichung, daß die J-Funktion ganz kontinuierlich sich mit der Wellenlänge ändert, also gerade ein vollständig anderes Verhalten als die E-Funktion zeigt. Da nun nach dem Kirchhoffschen Satze $\frac{E}{A} = J$ ist, so sind die beiden konträren Eigenschaften von E und J nur miteinander zu vereinigen, wenn A überall genau dasselbe Verhalten zeigt wie E, d. h. wenn A,

das Absorptionsvermögen, genau da ein Maximum hat, wo E eines hat, oder mit anderen Worten, wenn überall da, wo bei der Emission eine helle Linie auftritt, bei A das, was einem Maximum der Absorption entspricht, auftritt, das ist eben eine dunkle Linie im Spektroskop.

Der Beweis für die Verbreiterung der Linien bei zunehmender Schichtendicke, Druck oder Temperatur der leuchtenden Gase läßt sich folgendermaßen führen.

Wir denken uns die Schicht des leuchtenden Gases in sehr viele (n) ganz dünne Schichten (z. B. 1 mm) zerlegt. Nach dem Kirchhoffschen Satz ist $\frac{E}{A} = e$ oder $E = A \cdot e$. Das Licht, welches von der obersten Schicht ausgestrahlt wird, ist also $E_1 = A \cdot e$. Die zweite darunterliegende Schicht strahlt genau dieselbe Lichtmenge aus; dieselbe muß aber die erste Schicht passieren und erleidet dabei eine Absorption, die gleich $A \cdot E_1$ ist. Nach außen gelangt also von der zweiten Schicht der Betrag $E_2 = (1 - A) E_1$ oder nach dem obigen Satze $E_2 = A(1 - A)e$.

Die dritte Schicht sendet wieder die gleiche Lichtmenge aus, die aber nun die beiden ersten Schichten durchdringen muß. In der zweiten Schicht wird hiervon $A \cdot E_1$ absorbiert, es bleibt also übrig $(1 - A)E$, und hiervon wird in der ersten Schicht wieder absorbiert der Betrag $A(1 - A)E_1$. Nach außen kommt also:

$$E_3 = (1 - A)E_1 - A(1 - A)E_1 = (1 - A)^2 \cdot E_1 = A(1 - A)^2 e.$$

Durch ganz entsprechende Betrachtungen erhält man für das von der vierten Schicht nach außen dringende Licht:

$$E_4 = A(1 - A)^3 e.$$

Ganz allgemein gelangt also von der $n$ten Schicht nach außen

$$E_n = A(1 - A)^{n-1} \cdot e.$$

Die Gesamtmenge des von einer dicken Schicht ausgestrahlten Lichts ist demnach gleich der Summe der eben gefundenen Ausdrücke für E_1, E_2, $E_3 \ldots E_n$, oder gleich

$$E = A \cdot e \{(1 - A) + (1 - A)^2 + \cdots + (1 - A)^{n-1}\}.$$

Der Ausdruck in der Klammer ist eine geometrische Reihe,

deren Summation $\frac{1-(1-A)^n}{A}$ gibt. Hiernach ist E zu setzen:

$$E = [1-(1-A)^n]e.$$

Wir wollen nun dieses E auf eine ganz bestimmte Wellenlänge beziehen, λ_1 und zwar gerade auf eine solche, die einer hellen Linie entspricht. Um dies zu bezeichnen, sei an die sämtlichen in Frage tretenden Größen ein λ_1 als Index angehängt. Dann lautet unser Ausdruck:

$$E_{\lambda_1} = [1-(1-A_{\lambda_1})^n]e_{\lambda_1}.$$

Für eine andere, dicht daneben gelegene Wellenlänge λ_2 schreibt sich natürlich der Ausdruck entsprechend:

$$E_{\lambda_2} = [1-(1-A_{\lambda_2})^n]e_{\lambda_2}.$$

Das Verhältnis $\frac{E_{\lambda_1}}{E_{\lambda_2}}$ ist nun das Lichtverhältnis der beiden benachbarten Spektralteile, stellt also in unserem Falle den Kontrast der hellen Linie gegen ihre Umgebung dar, und für dasselbe ergibt sich:

$$\frac{E_{\lambda_1}}{E_{\lambda_2}} = \frac{[1-(1-A_{\lambda_1})^n e_{\lambda_1}]}{[1-(1-A_{\lambda_2})^n e_{\lambda_2}]}.$$

In diesem Ausdrucke sind sowohl A_{λ_1} als auch A_{λ_2} immer echte Brüche, also auch $1-A_{\lambda_1}$ und $1-A_{\lambda_2}$. Je mehr man nun echte Brüche mit sich selbst multipliziert oder in eine je höhere Potenz man sie erhebt, um so kleiner wird der resultierende Bruch. Je größer also n wird, mit anderen Worten, je dicker die leuchtende Schicht wird, um so mehr nähert sich $(1-A_{\lambda_1})^n$ der Null. Bei unendlich dicker Schicht wird $(1-A_{\lambda_1})^\infty$ tatsächlich gleich Null. Wir können die Klammern $(1-A_{\lambda_1})$ und $(1-A_{\lambda_2})$ also schließlich fortlassen, und es bleibt dann nur mehr übrig:

$$\frac{E_{\lambda_1}}{E_{\lambda_2}} = \frac{e_{\lambda_1}}{e_{\lambda_2}}.$$

Das heißt: Wird die leuchtende Schicht eines Gases immer dicker und dicker, so nähert sich das Helligkeitsverhältnis der beiden benachbarten Spektralteile immer mehr dem Verhältnis

der entsprechenden Spektralteile bei einem glühenden schwarzen Körper. Nun wissen wir aber erfahrungsgemäß, daß in dem kontinuierlichen Spektrum eines schwarzen Körpers der Helligkeitsunterschied zweier benachbarten Stellen des Spektrums kaum oder gar nicht mehr merklich ist; der bei dünner Schicht sehr starke Helligkeitsunterschied zwischen der Linie von der Wellenlänge λ_1 und ihrer nächsten Umgebung von der Wellenlänge λ_2 nimmt immer mehr ab, je dicker die leuchtende Schicht wird. Das ist nichts anderes als ein Breiterwerden der Linie.

Da die Absorption wesentlich von der Zahl der Moleküle, welche der Lichtstrahl trifft, abhängt, so ist die Vergrößerung der Schichtendicke bei gleichbleibendem Drucke nahe identisch mit Druckzunahme bei gleicher Schichtendicke.

Ferner nimmt im allgemeinen A mit zunehmender Temperatur zu, $1 - A$ ab. Es ist aber klar, daß je kleiner ein Bruch ist, sich sein Wert bei fortgesetzter Potenzierung um so rascher der Null nähert. Das obige Endresultat wird also um so schneller erreicht, je heißer die Gase sind, mit andern Worten auch Zunahme der Temperatur kann ein Breiterwerden der Linien bedingen.

Über die Elemente, welche auf der Sonne erkannt worden sind, gibt die folgende Tabelle Aufschluß:

Tabelle XVII.

Sicher erkannt sind:

Kalzium	Chrom	Niobium	Silber
Eisen	Mangan	Palladium	Zinn
Wasserstoff	Strontium	Neodymium	Blei
Natrium	Vanadium	Kupfer	Erbium
Nickel	Barium	Zink	Kalium
Magnesium	Skandium	Kadmium	Koronium (auf der Erde unbekannt).
Kobalt	Yttrium	Cerium	
Silizium	Zirkon	Gluzinum	
Aluminium	Molybden	Germanium	
Titan	Lanthan	Rhodium	

Zweifelhaft sind:

Iridium	Uran	Tantal
Osmium	Kohlenstoff	Thorium
Platin	Ruthenium	Sauerstoff.

Im Sonnenspektrum bisher nicht gefunden sind:

Antimon	Caesium	Rubidium	Praseodymium
Arsen	Gold	Selen	Chlor
Wismut	Indium	Schwefel	Jod
Bor	Quecksilber	Thallium	Fluor.
Stickstoff	Phosphor	Brom	

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens

Geheftet 1 Mark.

in Bändchen von 130–160 Seiten. Jedes Bändchen ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Gebunden Mk. 1.25.

Die Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt" sucht ihre Aufgabe nicht in der Vorführung einer Fülle von Lehrstoff und Lehrsätzen oder etwa gar unerwiesenen Hypothesen, sondern darin, dem Leser Verständnis dafür zu vermitteln, wie die moderne Wissenschaft es erreicht hat, über wichtige Fragen von allgemeinstem Interesse Licht zu verbreiten. Sie will dem Einzelnen ermöglichen, wenigstens an einem Punkte sich über den engen Kreis, in den ihn heute meist der Beruf einschließt, zu erheben, an einem Punkte die Freiheit und Selbständigkeit des geistigen Lebens zu gewinnen. In diesem Sinne bieten die einzelnen in sich abgeschlossenen Schriften gerade dem „Laien" auf dem betreffenden Gebiete in voller Anschaulichkeit und lebendiger Frische eine gedrängte, aber anregende Übersicht.

Aberglaube s. Heilwissenschaft.

Abstammungslehre. Abstammungslehre und Darwinismus. Von Professor Dr. R. Hesse. 2. Auflage. Mit 37 Figuren im Text.

Die Darstellung der großen Errungenschaft der biologischen Forschung des vorigen Jahrhunderts, der Abstammungslehre, erörtert die zwei Fragen: „Was nötigt uns zur Annahme der Abstammungslehre?" und — die viel schwierigere — „wie geschah die Umwandlung der Tier- und Pflanzenarten, welche die Abstammungslehre fordert?" oder: „wie wird die Abstammung erklärt?"

Algebra s. Arithmetik.

Alkoholismus. Der Alkoholismus, seine Wirkungen und seine Bekämpfung. Herausgegeben vom Zentralverband zur Bekämpfung des Alkoholismus. 3 Bändchen.

Die drei Bändchen sind ein kleines wissenschaftliches Kompendium der Alkoholfrage, verfaßt von den besten Kennern der mit ihr verbundenen sozial-hygienischen und sozial-ethischen Probleme. Sie enthalten eine Fülle von Material in übersichtlicher und schöner Darstellung und sind unentbehrlich für alle, denen die Bekämpfung des Alkoholismus als eine der wichtigsten und bedeutungsvollsten Aufgaben ernster, sittlicher und sozialer Kulturarbeit am Herzen liegt.

Band I. Der Alkohol und das Kind. Von Professor Dr. Wilhelm Wengandt. Die Aufgaben der Schule im Kampf gegen den Alkoholismus. Von Professor Martin Hartmann. Der Alkoholismus und der Arbeiterstand. Von Dr. Georg Keferstein. Alkoholismus und Armenpflege. Von Stadtrat Emil Münsterberg.

Band II. Die wissenschaftlichen Kurse zum Studium des Alkoholismus. Von Dr. jur. v. Strauß und Torney. Einleitung. Von Professor Dr. Max Rubner. Alkoholismus und Nervosität. Von Professor Dr. Max Laehr. Alkohol und Geisteskrankheiten. Von Dr. Otto Juliusburger. Alkoholismus und Prostitution. Von Dr. O. Rosenthal. Alkohol und Verkehrswesen. Von Eisenbahndirektor de Terra.

Band III. Einleitung. Alkohol und Seelenleben. Von Professor Dr. G. Aschaffenburg. Alkohol und Strafgesetz. Von Dr. Otto Juliusburger. Einrichtungen im Kampf gegen den Alkohol. Von Dr. B. Laquer. Einwirkungen des Alkohols auf die inneren Organe. Von Dr. G. Liebe. Alkohol als Nahrungsmittel. Von Professor Dr. Neumann. Älteste deutsche Mäßigkeitsbewegung. Von Pastor Dr. Stubbe. Eröffnungsansprache. Von Dr. jur. von Strauß und Torney. Schlußwort. Von Regierungsrat Dr. Weymann.

Ameisen. Die Ameisen. Von Dr. Friedrich Knauer. Mit 61 Figuren.

Faßt die Ergebnisse der so interessanten Forschungen über das Tun und Treiben einheimischer und exotischer Ameisen, über die Vielgestaltigkeit der Formen im Ameisenstaate, über die Bautätigkeit, Brutpflege und ganze Ökonomie der Ameisen, über ihr Zusammenleben mit anderen Tieren und mit Pflanzen, über die Sinnestätigkeit der Ameisen und über andere interessante Details aus dem Ameisenleben zusammen.

Amerika (s. a. Schulwesen). Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. Von Professor J. Laurence Laughlin.

Ein Amerikaner behandelt für deutsche Leser die Fragen, die augenblicklich im Vordergrunde des öffentlichen Lebens in Amerika stehen, auf Grund des Resultats eines sorgfältigen und eingehenden Studiums einer langen Reihe von Tatsachen: Den Wettbewerb zwischen den Vereinigten Staaten und Europa — Schutzzoll und Reziprozität in den Vereinigten Staaten — Die Arbeiterfrage in den Vereinigten Staaten — Die amerikanische Trustfrage — Die Eisenbahnfrage in den Vereinigten Staaten — Die Bankfrage in den Vereinigten Staaten — Die herrschenden volkswirtschaftlichen Ideen in den Vereinigten Staaten.

——— Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika. Von Dr. E. Daenell.

Gibt in großen Zügen eine übersichtliche Darstellung der geschichtlichen, kulturgeschichtlichen und wirtschaftlichen Entwicklung der Vereinigten Staaten von den ersten Kolonisationsversuchen bis zur jüngsten Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen politischen, ethnographischen, sozialen und wirtschaftlichen Probleme, die zur Zeit die Amerikaner besonders bewegen.

Anthropologie s. Mensch.

Arbeiterschutz. Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. Von weil. Professor Dr. O. v. Zwiedined-Südenhorst.

Das Buch bietet eine gedrängte Darstellung des gemeiniglich unter dem Titel „Arbeiterfrage" behandelten Stoffes; insbesondere treten die Fragen der Notwendigkeit, Zweckmäßigkeit und der ökonomischen Begrenzung der einzelnen Schutzmaßnahmen und Versicherungseinrichtungen in den Vordergrund.

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Professor Dr. P. Crantz. I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. Mit 9 Figuren im Text.

Will in leicht faßlicher und für das Selbststudium geeigneter Darstellung über die Anfangsgründe der Arithmetik und Algebra unterrichten und behandelt die sieben Rechnungsarten, die Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten und die Gleichungen zweiten Grades mit einer Unbekannten, wobei auch die Logarithmen so ausführlich behandelt sind, daß jemand an der Hand des Buches sich auch vollständig mit dem Gebrauche der Logarithmentafeln vertraut machen kann.

Astronomie (s. a. Kalender; Mond; Weltall). Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Von Professor Dr. S. Oppenheim. Mit 24 Abbildungen im Text.

Schildert den Kampf der beiden hauptsächlichsten „Weltbilder", des die Erde und des die Sonne als Mittelpunkt betrachtenden, der einen bedeutungsvollen Abschnitt in der Kulturgeschichte der Menschheit bildet, wie er schon im Altertum bei den Griechen entstanden ist, anderthalb Jahrtausende später zu Beginn der Neuzeit durch Kopernikus von neuem aufgenommen wurde und da erst mit einem Siege des heliozentrischen Systems schloß.

Atome s. Moleküle.

Auge. Das Auge des Menschen und seine Gesundheitspflege. Von Privatdozent Dr. med. Georg Abelsdorff.

Schildert die Anatomie des menschlichen Auges sowie die Leistungen des Gesichtssinnes, besonders soweit sie außer dem medizinischen ein allgemein wissenschaftliches oder ästhetisches Interesse beanspruchen können, und behandelt die Gesundheitspflege (Hygiene) des Auges, besonders Schädigungen, Erkrankungen und Verletzungen des Auges, Kurzsichtigkeit und erhebliche Augenkrankheiten, sowie die künstliche Beleuchtung.

Baukunst (s. a. Städtebilder). Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Professor Dr. A. Matthaei. 2. Auflage. Mit Abbildungen im Text und auf 2 Doppeltafeln.

Der Verfasser will mit der Darstellung der Entwicklung der deutschen Baukunst des Mittelalters zugleich über das Wesen der Baukunst als Kunst aufklären, indem er zeigt, wie sich im Verlauf der Entwicklung die Raumvorstellung klärt und vertieft, wie das technische Können wächst und die praktischen Aufgaben sich erweitern, wie die romanische Kunst geschaffen und zur Gotik weiter entwickelt wird.

Beethoven s. Musik.

Befruchtungsvorgang. Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. Ernst Teichmann. Mit 7 Abbildungen im Text und 4 Doppeltafeln.

Will die Ergebnisse der modernen Forschung, die sich mit dem Befruchtungsproblem befaßt, darstellen. Ei und Samen, ihre Genese, ihre Reifung und ihre Vereinigung werden behandelt, im Chromatin die materielle Grundlage der Vererbung aufgezeigt und als die Bedeutung des Befruchtungsvorgangs eine Mischung der Qualitäten zweier Individuen.

Beleuchtungsarten. Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. Von Dr. phil. Wilhelm Brüsch. Mit 155 Abbildungen im Text.

Gibt einen Überblick über ein gewaltiges Arbeitsfeld deutscher Technik und Wissenschaft, indem die technischen und wissenschaftlichen Bedingungen für die Herstellung einer wirtschaftlichen Lichtquelle und die Methoden für die Beurteilung ihres wirklichen Wertes für den Verbraucher, die einzelnen Beleuchtungsarten sowohl hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Grundlagen als auch ihrer Technik und Herstellung behandelt werden.

Bevölkerungslehre. Von Professor Dr. M. Haushofer.

Will in gedrängter Form das Wesentliche der Bevölkerungslehre geben über Ermittlung der Volkszahl, über Gliederung und Bewegung der Bevölkerung, Verhältnis der Bevölkerung zum bewohnten Boden und die Ziele der Bevölkerungspolitik.

Bibel (s. a. Jesus; Religion). Der Text des Neuen Testaments nach seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Divisionspfarrer Aug. Pott. Mit 8 Tafeln.

Will in die das allgemeine Interesse an der Textkritik bekundende Frage: „Ist der ursprüngliche Text des Neuen Testamentes überhaupt noch herzustellen?“ durch die Erörterung der Verschiedenheiten des Luthertextes (des früheren, revidierten und durchgesehenen) und seines Verhältnisses zum heutigen (deutschen) „berichtigten“ Text, einführen, den „ältesten Spuren des Textes“ nachgehen, eine „Einführung in die Handschriften“ wie die „ältesten Übersetzungen“ geben und in „Theorie und Praxis“ zeigen, wie der Text berichtigt und rekonstruiert wird.

Bildungswesen (s. a. Schulwesen). Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwickelung. Von Professor Dr. Friedrich Paulsen.

Auf beschränktem Raum löst der Verfasser die schwierige Aufgabe, indem er das Bildungswesen stets im Rahmen der allgemeinen Kulturbewegung darstellt, so daß die gesamte Kulturentwicklung unseres Volkes in der Darstellung seines Bildungswesens wie in einem verkleinerten Spiegelbild zur Erscheinung kommt. So wird aus dem Büchlein nicht nur für die Erkenntnis der Vergangenheit, sondern auch für die Forderungen der Zukunft reiche Frucht erwachsen.

Biologie s. Abstammungslehre; Ameisen; Befruchtungsvorgang; Leben; Meeresforschung; Pflanzen; Tierleben.

Botanik s. Obstbau; Pflanzen.

Buchwesen s. Illustrationskunst; Schriftwesen.

Buddha. Leben und Lehre des Buddha. Von Professor Dr. Richard Pischel. Mit 1 Tafel.

Gibt nach einer Übersicht über die Zustände Indiens zur Zeit des Buddha eine Darstellung des Lebens des Buddha, seiner Stellung zu Staat und Kirche, seiner Lehrweise, sowie seiner Lehre, seiner Ethik und der weiteren Entwicklung des Buddhismus.

Chemie (s. a. Haushalt; Metalle). Luft, Wasser, Licht und Wärme. Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Von Professor Dr. R. Blochmann. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen im Text.

Führt unter besonderer Berücksichtigung der alltäglichen Erscheinungen des praktischen Lebens in das Verständnis der chemischen Erscheinungen ein.

Christentum (s. a. Bibel; Jesus; Religion). Aus der Werdezeit des Christentums. Studien und Charakteristiken. Von Professor Dr. J. Geffcken.

Gibt durch eine Reihe von Bildern eine Vorstellung von der Stimmung im alten Christentum und von seiner inneren Kraft und verschafft so ein Verständnis für die ungeheure und vielseitige welthistorische kultur- und religionsgeschichtliche Bewegung.

Dampf und Dampfmaschine. Von Professor Dr. R. Vater. Mit 44 Abbildungen.

Schildert die inneren Vorgänge im Dampfkessel und namentlich im Zylinder der Dampfmaschine, um so ein richtiges Verständnis des Wesens der Dampfmaschine und der in der Dampfmaschine sich abspielenden Vorgänge zu ermöglichen.

Darwinismus s. Abstammungslehre.

Deutschland s. Kolonien; Volksstämme; Wirtschaftsgeschichte.

Drama (s. a. Theater). Das deutsche Drama des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Professor Dr. G. Witkowski. 2. Auflage. Mit einem Bildnis Hebbels.

Sucht in erster Linie auf historischem Wege das Verständnis des Dramas der Gegenwart anzubahnen und berücksichtigt die drei Faktoren, deren jeweilige Beschaffenheit die Gestaltung des Dramas bedingt: Kunstanschauung, Schauspielkunst und Publikum.

Dürer. Albrecht Dürer. Von Dr. Rudolf Wustmann. Mit 33 Abbildungen im Text.

Eine schlichte und knappe Erzählung des gewaltigen menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Albrecht Dürers und eine Darstellung seiner Kunst, in der nacheinander seine Selbst- und Angehörigenbildnisse, die Zeichnungen zur Apokalypse, die Darstellungen von Mann und Weib, das Marienleben, die Stiftungsgemälde, die Radierungen von Ritterrum, Trauer und Heiligkeit sowie die wichtigsten Werke aus der Zeit der Reife behandelt werden.

Ehe und Eherecht. Von Professor Dr. Ludwig Wahrmund.

Schildert in gedrängter Fassung die historische Entwicklung des Ehebegriffes von den orientalischen und klassischen Völkern an nach seiner natürlichen, sittlichen und rechtlichen Seite und untersucht das Verhältnis von Staat und Kirche auf dem Gebiete des Eherechtes, behandelt darüber hinaus aber auch alle jene Fragen über die rechtliche Stellung der Frau und besonders der Mutter, die immer lebhafter die öffentliche Meinung beschäftigen.

Eisenbahnen (s. a. Technik; Verkehrsentwicklung). Die Eisenbahnen, ihre Entstehung und gegenwärtige Verbreitung. Von Professor Dr. F. Hahn. Mit zahlreichen Abbildungen im Text und einer Doppeltafel.

Nach einem Rückblick auf die frühesten Zeiten des Eisenbahnbaues führt der Verfasser die Eisenbahn im allgemeinen nach ihren Hauptmerkmalen vor. Der Bau des Bahnkörpers, der Tunnel, die großen Brückenbauten, sowie der Betrieb selbst werden besprochen, schließlich ein Überblick über die geographische Verbreitung der Eisenbahnen gegeben.

——— Die Eisenbahnen der Gegenwart in ihrer technischen Entwicklung. Von Eisenbahnbau- und Betriebsinspektor E. Biedermann.

Nach einem geschichtlichen Überblick über die Entwicklung der Eisenbahnen werden die wichtigsten Gebiete der modernen Eisenbahntechnik behandelt. Insonderheit gelangen zur Darstellung der Oberbau, Entwicklung und Umfang der Spurbahnnetze in den verschiedenen Ländern, die Geschichte des Lokomotivenwesens bis zur Ausbildung der Heißdampflokomotiven einerseits und des elektrischen Betriebes andererseits, sowie der Sicherung des Betriebes durch Stellwerks- und Blockanlagen. Eine Reihe besonders lehrreicher Abbildungen und Zeichnungen sind zur Erhöhung der Anschaulichkeit beigegeben.

Eisenhüttenwesen. Das Eisenhüttenwesen. Erläutert in acht Vorträgen von Geh. Bergrat Professor Dr. H. Wedding. 2. Auflage. Mit 12 Figuren im Text.

Schildert in gemeinfaßlicher Weise, wie Eisen, das unentbehrlichste Metall, erzeugt und in seine Gebrauchsformen gebracht wird. Besonders wird der Hochofenprozeß nach seinen chemischen, physikalischen und geologischen Grundlagen geschildert, die Erzeugung der verschiedenen Eisenarten und die dabei in Betracht kommenden Prozesse erörtert.

Entdeckungen (s. a. Polarforschung). Das Zeitalter der Entdeckungen. Von Professor Dr. S. Günther. 2. Auflage. Mit einer Weltkarte.

Mit lebendiger Darstellungsweise sind hier die großen weltbewegenden Ereignisse der geographischen Renaissancezeit ansprechend geschildert, von der Begründung der portugiesischen Kolonialherrschaft und den Fahrten des Columbus an bis zu dem Hervortreten der französischen, britischen und holländischen Seefahrer.

Erde (s. a. Mensch und Erde; Wirtschaftsgeschichte). Aus der Vorzeit der Erde. Vorträge über allgemeine Geologie. Von Professor Dr. Fr. Frech. Mit 49 Abbildungen im Text und auf 5 Doppeltafeln.

Erörtert die interessantesten und praktisch wichtigsten Probleme der Geologie: die Tätigkeit der Vulkane, das Klima der Vorzeit, Gebirgsbildung, Korallenriffe, Talbildung und Erosion, Wildbäche und Wildbachverbauung.

Erfindungswesen s. Gewerbe.

Ernährung (s. a. Alkoholismus; Haushalt; Kaffee). Ernährung und Volksnahrungsmittel. Sechs Vorträge von weil. Professor Dr. Johannes Frentzel. Mit 6 Abbildungen im Text und 2 Tafeln

Gibt einen Überblick über die gesamte Ernährungslehre. Durch Erörterung der grundlegenden Begriffe werden die Zubereitung der Nahrung und der Verdauungsapparat besprochen und endlich die Herstellung der einzelnen Nahrungsmittel, insbesondere auch der Konserven behandelt.

Farben s. Licht.

Frauenbewegung. Die moderne Frauenbewegung. Von Dr. Käthe Schirmacher.

Gibt einen Überblick über die Haupttatsachen der modernen Frauenbewegung in allen Ländern und schildert eingehend die Bestrebungen der modernen Frau auf dem Gebiet der Bildung, der Arbeit, der Sittlichkeit, der Soziologie und Politik.

Frauenbewegung. Die Frauenarbeit, ein Problem des Kapitalismus. Von Privatdozent Dr. Robert Wilbrandt.

Das Thema wird als ein brennendes Problem behandelt, das uns durch den Kapitalismus aufgegeben worden ist, und behandelt von dem Verhältnis von Beruf und Mutterschaft aus, als dem zentralen Problem der ganzen Frage, die Ursachen der niedrigen Bezahlung der weiblichen Arbeit, die daraus entstehenden Schwierigkeiten in der Konkurrenz der Frauen mit den Männern, den Gegensatz von Arbeiterinnenschutz und Befreiung der weiblichen Arbeit.

Frauenleben. Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte. Von Direktor Dr. Ed. Otto. Mit 25 Abbildungen.

Gibt ein Bild des deutschen Frauenlebens von der Urzeit bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts, von Denken und Fühlen, Stellung und Wirksamkeit der deutschen Frau, wie sie sich im Wandel der Jahrhunderte darstellen.

Friedrich Fröbel. Sein Leben und sein Wirken. Von Adele v. Portugall.

Lehrt die grundlegenden Gedanken der Methode Fröbels kennen und gibt einen Überblick seiner wichtigsten Schriften mit Betonung aller jener Kernaussprüche, die treuen und oft ratlosen Müttern als Wegweiser in Ausübung ihres hehrsten und heiligsten Berufes dienen können.

Fürstentum. Deutsches Fürstentum und deutsches Verfassungswesen. Von Professor Dr. E. Hubrich.

Der Verfasser zeigt in großen Umrissen den Weg, auf dem deutsches Fürstentum und deutsche Volksfreiheit zu dem in der Gegenwart geltenden wechselseitigen Ausgleich gelangt sind, unter besonderer Berücksichtigung der preußischen Verfassungsverhältnisse. Nach kürzerer Beleuchtung der älteren Verfassungspartie schildert der Verfasser die Begründung des fürstlichen Absolutismus und demgegenüber das Erwachen, Fortschreiten und Siegen des modernen Konstitutionalismus.

Gasmaschinen s. Wärmekraftmaschinen.

Geographie s. Entdeckungen; Japan; Kolonien; Mensch; Palästina; Polarforschung; Volksstämme; Wirtschaftsleben.

Geologie s. Erde.

Germanen. Germanische Kultur in der Urzeit. Von Dr. G. Steinhausen. Mit 17 Abbildungen.

Das Büchlein beruht auf eingehender Quellenforschung und gibt in fesselnder Darstellung einen Überblick über germanisches Leben von der Urzeit bis zur Berührung der Germanen mit der römischen Kultur.

——— Germanische Mythologie. Von Dr. Julius von Negelein.

Der Verfasser gibt ein Bild germanischen Glaubenslebens, indem er die Äußerungen religiösen Lebens namentlich auch im Kultus und in den Gebräuchen des Aberglaubens aufsucht, sich überall bestrebt, das zugrunde liegende psychologische Motiv zu entdecken, die verwirrende Fülle mythischer Tatsachen und einzelner Namen aber demgegenüber zurücktreten läßt.

Geschichte (s. a. Amerika; Bildungswesen; Entdeckungen; Frauenleben; Fürstentum; Germanen; Japan; Jesuiten; Ingenieurtechnik; Kalender; Kriegswesen; Kultur; Kunstgeschichte; Literaturgeschichte; Luther; Münze; Musik; Palästina; Pompeji; Rom; Schulwesen; Städtewesen; Volksstämme; Welthandel; Wirtschaftsgeschichte).

Geschichte. Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrhundert. Von Professor Dr. K. Th. Heigel.

Bietet eine knappe Darstellung der wichtigsten politischen Ereignisse vom Ausbruche der französischen Revolution bis zum Ausgang des 19. Jahrhunderts, womit eine Schilderung der politischen Ideen Hand in Hand geht und wobei überall Ursache und Folge, d. h. der innere Zusammenhang der einzelnen Vorgänge, dargelegt, auch Sinnesart und Taten wenigstens der einflußreichsten Persönlichkeiten gewürdigt werden.

——— Von Luther zu Bismarck. 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Professor Dr. Ottokar Weber. 2 Bändchen.

Ein knappes und doch eindrucksvolles Bild der nationalen und kulturellen Entwickelung der Neuzeit, das aus den vier Jahrhunderten je drei Persönlichkeiten herausgreift, die bestimmend eingegriffen haben in den Werdegang deutscher Geschichte. Der große Reformator, Regenten großer und kleiner Staaten, Generale, Diplomaten kommen zu Wort. Was Martin Luther einst geträumt: ein nationales deutsches Kaiserreich, unter Bismarck steht es begründet da.

——— 1848. Sechs Vorträge von Professor Dr. Ottokar Weber.

Bringt auf Grund des überreichen Materials in knapper Form eine Darstellung der wichtigen Ereignisse des Jahres 1848, dieser nahezu über ganz Europa verbreiteten großen Bewegung in ihrer bis zur Gegenwart reichenden Wirkung.

——— Restauration und Revolution. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Professor Dr. Richard Schwemer.

——— Die Reaktion und die neue Ära. Skizzen zur Entwickelungsgeschichte der Gegenwart. Von Professor Dr. Richard Schwemer.

——— Vom Bund zum Reich. Neue Skizzen zur Entwickelungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Professor Dr. Richard Schwemer.

Die 3 Bändchen geben zusammen eine in Auffassung und Darstellung durchaus eigenartige Geschichte des deutschen Volkes im 19. Jahrhundert. „Restauration und Revolution" behandelt das Leben und Streben des deutschen Volkes in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, von dem ersten Aufleuchten des Gedankens des nationalen Staates bis zu dem tragischen Sturze in der Mitte des Jahrhunderts. „Die Reaktion und die neue Ära", beginnend mit der Zeit der Ermattung nach dem großen Aufschwung von 1848, stellt in den Mittelpunkt des Prinzen von Preußen und Otto von Bismarcks Schaffen. „Vom Bund zum Reich" zeigt uns Bismarck mit sicherer Hand die Grundlage des Reiches vorbereitend und dann immer entschiedener allem Geschehenen das Gepräge seines Geistes verleihend.

Gesundheitslehre (s. a. Alkoholismus; Ernährung; Haushalt; Heilwissenschaft; Leibesübungen; Mensch; Nervensystem; Schulhygiene; Stimme; Tuberkulose). Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Von Professor Dr. H. Buchner. 2. Auflage, besorgt von Professor Dr. M. Gruber. Mit zahlreichen Abbildungen im Text.

In klarer und überaus fesselnder Darstellung unterrichtet der Verfasser über die äußeren Lebensbedingungen des Menschen, über das Verhältnis von Luft, Licht und Wärme zum menschlichen Körper, über Kleidung und Wohnung, Bodenverhältnisse und Wasserversorgung, die Krankheiten erzeugenden Pilze und die Infektionskrankheiten, kurz über wichtige Fragen der Hygiene.

Gewerbe. Der gewerbliche Rechtsschutz in Deutschland. Von Patentanwalt B. Tolksdorf.

Nach einem allgemeinen Überblick über Entstehung und Entwicklung des gewerblichen Rechtsschutzes und einer Bestimmung der Begriffe Patent und Erfindung wird zunächst das deutsche

Patentrecht behandelt, wobei der Gegenstand des Patentes, der Patentberechtigte, das Verfahren in Patentsachen, die Rechte und Pflichten des Patentinhabers, das Erlöschen des Patentrechtes und die Verletzung und Anmaßung des Patentschutzes erörtert werden. Sodann wird das Muster- und Warenzeichenrecht dargestellt und dabei besonders Art und Gegenstand der Muster, ihre Nachbildung, Eintragung, Schutzdauer und Löschung klargelegt. Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit den internationalen Verträgen und dem Ausstellungsschutz. Zum Schlusse wird noch die Stellung der Patentanwälte besprochen.

Handfertigkeit s. Knabenhandarbeit.

Handwerk. Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Direktor Dr. Ed. Otto. 2. Aufl. Mit 27 Abbildungen auf 8 Tafeln.

Eine Darstellung der Entwicklung des deutschen Handwerks bis in die neueste Zeit, der großen Umwälzung aller wirtschaftlichen Verhältnisse im Zeitalter der Eisenbahnen und Dampfmaschinen und der Handwerkerbewegungen des 19. Jahrhunderts, wie des älteren Handwerkslebens, seiner Sitten, Bräuche und Dichtung.

Haus (s. a. Kunst). Das deutsche Haus und sein Hausrat. Von Professor Dr. Rudolf Meringer. Mit 106 Abbildungen, darunter 85 von Professor A. von Schroetter.

Das Buch will das Interesse an dem deutschen Haus, wie es geworden ist, fördern; mit zahlreichen künstlerischen Illustrationen ausgestattet, behandelt es nach dem „Herdhaus" das oberdeutsche Haus, führt dann anschaulich die Einrichtung der für dieses charakteristischen Stube, den Ofen, den Tisch, das Eßgerät vor und gibt einen Überblick über die Herkunft von Haus und Hausrat.

——— Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses. Von Regierungsbaumeister a. D. Chr. Rauck. Mit 70 Abbildungen.

Der Verfasser führt den Leser in das Haus des germanischen Landwirtes und zeigt dessen Entwicklung, wendet sich dann dem Hause der skandinavischen Bauern zu, um hierauf die Entwicklung des deutschen Bauernhauses während des Mittelalters darzustellen und mit einer Schilderung der heutigen Form des deutschen Bauernhauses zu schließen.

Haushalt (s. a. Kaffee). Die Naturwissenschaften im Haushalt. Von Dr. J. Bongardt. 2 Bändchen.

I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abbildungen.
II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abbildungen.

Selbst gebildete Hausfrauen können sich Fragen nicht beantworten wie die, weshalb sie z. B. kondensierte Milch auch in der heißen Zeit in offenen Gefäßen aufbewahren können, weshalb sie hartem Wasser Soda zusetzen, weshalb Obst im kupfernen Kessel nicht erkalten soll. Da soll hier an der Hand einfacher Beispiele, unterstützt durch Experimente und Abbildungen, das naturwissenschaftliche Denken der Leserinnen so geschult werden, daß sie befähigt werden, auch solche Fragen selbst zu beantworten, die das Buch unberücksichtigt läßt.

——— Chemie in Küche und Haus. Von Professor Dr. G. Abel. Mit Abbildungen im Text und einer mehrfarbigen Doppeltafel.

Das Bändchen will Gelegenheit bieten, die in Küche und Haus täglich sich vollziehenden chemischen und physikalischen Prozesse richtig zu beobachten und nutzbringend zu verwerten. So wird Heizung und Beleuchtung, vor allem aber die Ernährung erörtert, werden tierische und pflanzliche Nahrungsmittel, Genußmittel und Getränke behandelt.

Haydn s. Musik.

Heilwissenschaft (s. a. Auge; Gesundheitslehre). Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. E. Biernacki. Deutsch von Badearzt Dr. S. Ebel.

Will in den Inhalt des ärztlichen Wissens und Könnens von einem allgemeineren Standpunkte aus einführen, indem die geschichtliche Entwicklung der medizinischen Grundbegriffe, die Leistungsfähigkeit und die Fortschritte der modernen Heilkunst, die Beziehungen zwischen der Diagnose und der Behandlung der Krankheit, sowie die Grenzen der modernen Diagnostik behandelt werden.

——— **Der Aberglaube in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben.** Von Professor Dr. D. von Hansemann.

Behandelt alle menschlichen Verhältnisse, die in irgend einer Beziehung zu Leben und Gesundheit stehen, besonders mit Rücksicht auf viele schädliche Aberglauben, die geeignet sind, Krankheiten zu fördern, die Gesundheit herabzusetzen und auch in moralischer Beziehung zu schädigen.

Hilfsschulwesen. Vom Hilfsschulwesen. Von Rektor Dr. B. Maennel.

Es wird in kurzen Zügen eine Theorie und Praxis der Hilfsschulpädagogik gegeben. An Hand der vorhandenen Literatur und auf Grund von Erfahrungen wird nicht allein zusammengestellt, was bereits geleistet worden ist, sondern auch hervorgehoben, was noch der Entwicklung und Bearbeitung harrt.

Japan (s. a. Kunst). Die Japaner und ihre wirtschaftliche Entwicklung. Von Professor Dr. K. Rathgen.

Vermag auf Grund eigener langjähriger Erfahrung ein wirkliches Verständnis der merkwürdigen und für uns wirtschaftlich so wichtigen Erscheinung der fabelhaften Entwicklung Japans zu eröffnen.

Jesuiten. Die Jesuiten. Eine historische Skizze von Professor Dr. H. Boehmer.

Ein Büchlein nicht für oder gegen, sondern über die Jesuiten, also der Versuch einer gerechten Würdigung des vielgenannten Ordens, das nicht nur von der sogenannten Jesuitenmoral oder von der Ordensverfassung, sondern auch von der Jesuitenschule, von den Leistungen des Ordens auf dem Gebiete der geistigen Kultur, von dem Jesuitenstaate usw. handelt.

Jesus (s. a. Bibel; Christentum; Religion). Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Professor Dr. H. Weinel. 2. Auflage.

Will gegenüber kirchlicher und nichtkirchlicher Allegorisierung der Gleichnisse Jesu mit ihrer richtigen, wörtlichen Auffassung bekannt machen und verbindet damit eine Einführung in die Arbeit der modernen Theologie.

——— Jesus und seine Zeitgenossen. Von Pastor K. Bonhoff.

Die ganze Herbheit und köstliche Frische des Volkskindes, die hinreißende Hochherzigkeit und prophetische Überlegenheit des genialen Volksmannes, die reife Weisheit des Jüngerbildners und die religiöse Tiefe und Weite des Evangeliumverkünders von Nazareth wird erst empfunden, wenn man ihn in seinem Verkehr mit den ihn umgebenden Menschengestalten, Volks- und Parteigruppen zu verstehen sucht, wie es dieses Büchlein tun will.

——— **Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu.** Von Pfarrer Dr. Paul Mehlhorn.

Will zeigen, was von dem im Neuen Testament uns überlieferten Leben Jesu als wirklicher Tatbestand festzuhalten, was als Sage oder Dichtung zu betrachten ist, durch Darlegung der Grundsätze, nach denen die Scheidung des geschichtlich Glaubwürdigen und der es umrankenden Phantasiegebilde vorzunehmen ist und durch Vollziehung der so gekennzeichneten Art chemischer Analyse an den wichtigsten Stoffen des „Lebens Jesu".

Illustrationskunst. Die deutsche Illustration. Von Professor Dr. Rudolf Kautzsch. Mit 35 Abbildungen.

Behandelt ein besonders wichtiges und besonders lehrreiches Gebiet der Kunst und leistet zugleich, indem es an der Hand der Geschichte das Charakteristische der Illustration als Kunst zu erforschen sucht, ein gut Stück „Kunsterziehung".

Ingenieurtechnik. Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von Baurat Kurt Merckel. 2. Auflage. Mit 55 Abbildungen im Text und auf Tafeln.

Führt eine Reihe hervorragender und interessanter Ingenieurbauten nach ihrer technischen und wirtschaftlichen Bedeutung vor: die Gebirgsbahnen, die Bergbahnen, und als deren Vorläufer die bedeutenden Gebirgsstraßen der Schweiz und Tirols, die großen Eisenbahnverbindungen in Asien, endlich die modernen Kanal- und Hafenbauten.

——— Bilder aus der Ingenieurtechnik. Von Baurat Kurt Merckel. Mit 43 Abbildungen im Text und auf einer Doppeltafel.

Zeigt in einer Schilderung der Ingenieurbauten der Babylonier und Assyrer, der Ingenieurtechnik der alten Ägypter unter vergleichsweiser Behandlung der modernen Irrigationsanlagen daselbst, der Schöpfungen der antiken griechischen Ingenieure, des Städtebaues im Altertum und der römischen Wasserleitungsbauten die hohen Leistungen der Völker des Altertums.

Israel s. Religion.

Kaffee (s. a. Ernährung; Haushalt). Die narkotischen Aufgußgetränke. Von Professor Dr. Wieler. Mit zahlreichen Abbildungen.

Behandelt, durch zweckentsprechende Abbildungen unterstützt, Kaffee, Tee und Kakao eingehender, Mate und Kola kürzer, in bezug auf die botanische Abstammung, die natürliche Verbreitung der Stammpflanzen, die Verbreitung ihrer Kultur, die Wachstumsbedingungen und die Kulturmethoden, die Erntezeit und die Ernte, endlich die Gewinnung der fertigen Ware, wie der Weltmarkt sie aufnimmt, aus dem geernteten Produkte.

Kakao s. Kaffee.

Kalender. Der Kalender. Von Professor Dr. W. F. Wislicenus.

Erklärt die astronomischen Erscheinungen, die für unsere Zeitrechnung von Bedeutung sind, und schildert die historische Entwicklung des Kalenderwesens vom römischen Kalender ausgehend, den Werdegang der christlichen Kalender bis auf die neueste Zeit verfolgend, setzt ihre Einrichtungen auseinander und lehrt die Berechnung kalendarischer Angaben für Vergangenheit und Zukunft, sie durch zahlreiche Beispiele erläuternd.

Kant (s. a. Philosophie). Immanuel Kant; Darstellung und Würdigung. Von Professor Dr. O. Külpe. Mit einem Bildnisse Kants.

Kant hat durch seine grundlegenden Werke ein neues Fundament für die Philosophie aller Völker und Zeiten geschaffen. Dieses in seiner Tragfähigkeit für moderne Ideen darzustellen, hat sich der Verfasser zur Aufgabe gestellt. Es ist ihm gelungen, den wirklichen Kant mit historischer Treue zu schildern und doch auch zu beleuchten, wie die Nachwelt berufen ist, hinauszustreben über die Anschauungen des gewaltigen Denkers, da auch er ein Kind seiner Zeit ist und manche seiner Lehrmeinungen vergänglicher Art sein müssen.

Knabenhandarbeit. Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung. Von Seminardirektor Dr. Alw. Pabst. Mit 21 Abbildungen im Text und 1 Titelbild.

Gibt einen Überblick über die Geschichte des Knabenhandarbeitsunterrichts, untersucht seine Stellung im Lichte der modernen pädagogischen Strömungen und erhärtet seinen Wert als Erziehungsmittel, erörtert sodann die Art des Betriebes in den verschiedenen Schulen und gibt zum Schlusse eine vergleichende Darstellung der Systeme in den verschiedenen Ländern.

Kolonien. Die deutschen Kolonien. Land und Leute. Von Dr. Adolf Heilborn. Mit zahlreichen Abbildungen und 2 Karten.

Bringt auf engem Raume eine durch Abbildungen und Karten unterstützte, wissenschaftlich genaue Schilderung der deutschen Kolonien, sowie eine einwandfreie Darstellung ihrer Völker nach Nahrung und Kleidung, Haus und Gemeindeleben, Sitte und Recht, Glaube und Aberglaube, Arbeit und Vergnügen, Gewerbe und Handel, Waffen und Kampfesweise.

Kriegswesen. Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert. Zwanglose Skizzen von Major O. von Sothen. Mit 9 Übersichtskärtchen.

In einzelnen Abschnitten wird insbesondere die Napoleonische und Moltkesche Kriegführung an Beispielen (Jena-Königgrätz-Sedan) dargestellt und durch Kartenskizzen erläutert. Damit verbunden sind kurze Schilderungen der preußischen Armee von 1806 und nach den Befreiungskriegen, sowie nach der Reorganisation von 1860, endlich des deutschen Heeres von 1870 bis zur Jetztzeit.

——— Der Seekrieg. Seine geschichtliche Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von Kurt Freiherr von Maltzahn, Vize-Admiral a. D.

Der Verf. bringt den Seekrieg als Kriegsmittel wie als Mittel der Politik zur Darstellung, indem er zunächst die Entwicklung der Kriegsflotte und der Seekriegsmittel schildert und dann die heutigen Weltwirtschaftsstaaten und den Seekrieg behandelt, wobei er besonders das Abhängigkeitsverhältnis, in dem unsere Weltwirtschaftsstaaten kommerziell und politisch zu den Verkehrswegen der See stehen, darstellt.

Kultur (s. a. Germanen; Geschichte; griech. Städtebilder). Die Anfänge der menschlichen Kultur. Von Professor Dr. Ludwig Stein.

Behandelt in der Überzeugung, daß die Kulturprobleme der Gegenwart sich uns nur durch einen tieferen Einblick in ihren Werdegang erschließen, Natur und Kultur, den vorgeschichtlichen Menschen, die Anfänge der Arbeitsteilung, die Anfänge der Rassenbildung, ferner die Anfänge der wirtschaftlichen, intellektuellen, moralischen und sozialen Kultur.

Kunst (s. a. Baukunst; Dürer; Städtebilder; Illustrationskunst; Schriftwesen). Bau und Leben der bildenden Kunst. Von Direktor Dr. Theodor Volbehr. Mit 44 Abbildungen.

Führt von einem neuen Standpunkte aus in das Verständnis des Wesens der bildenden Kunst ein, erörtert die Grundlagen der menschlichen Gestaltungskraft und zeigt, wie das künstlerische Interesse sich allmählich weitere und immer weitere Stoffgebiete erobert.

——— Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superintendent R. Bürkner. Mit 14 Abbildungen.

Will, ausgehend von der Überzeugung, daß zu einem vollen Menschensein und Volkstum die Pflege des Schönen unabweisbar gehört, die Augen zum rechten Sehen öffnen lehren und die ganze Lebensführung, Kleidung und Häuslichkeit ästhetisch gestalten, um so auch zur Erkenntnis dessen zu führen, was an Heimatkunst und Heimatschatz zu hegen ist, und auf diesem großen Gebiete persönlichen und allgemeinen ästhetischen Lebens ein praktischer Ratgeber sein.

——— Die ostasiatische Kunst und ihre Einwirkung auf Europa. Von Direktor Dr. R. Graul. Mit 49 Abbildungen im Text und auf 1 Doppeltafel.

Bringt die bedeutungsvolle Einwirkung der japanischen und chinesischen Kunst auf die europäische zur Darstellung unter Mitteilung eines reichen Bildermaterials, den Einfluß Chinas auf die Entwicklung der zum Rokoko drängenden freien Richtungen in der dekorativen Kunst des 18. Jahrhunderts wie den auf die Entwicklung des 19. Jahrhunderts. Der Verfasser weist auf die Beziehungen der Malerei und Farbendruckkunst Japans zum Impressionismus der modernen europäischen Kunst hin.

Leben. Die Erscheinungen des Lebens. Grundprobleme der modernen Biologie. Von Privatdozent Dr. H. Miehe. Mit 46 Figuren im Text.

Versucht eine umfassende Totalansicht des organischen Lebens zu geben, indem nach einer Erörterung der spekulativen Vorstellungen über das Leben und einer Beschreibung des Protoplasmas und der Zelle die hauptsächlichsten Äußerungen des Lebens behandelt werden, als Entwicklung, Ernährung, Atmung, das Sinnesleben, die Fortpflanzung, der Tod, die Variabilität und im Anschluß daran die Theorien über Entstehung und Entwicklung der Lebewelt, sowie die mannigfachen Beziehungen der Lebewesen untereinander.

Leibesübungen. Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Professor Dr. R. Zander. 2. Auflage. Mit 19 Abbildungen.

Will darüber aufklären, weshalb und unter welchen Umständen die Leibesübungen segensreich wirken, indem es ihr Wesen, andererseits die in Betracht kommenden Organe bespricht; erörtert besonders die Wechselbeziehungen zwischen körperlicher und geistiger Arbeit, die Leibesübungen der Frauen, die Bedeutung des Sportes und die Gefahren der sportlichen Übertreibungen.

Licht (s. a. Beleuchtungsarten; Chemie). Das Licht und die Farben. Sechs Vorlesungen, gehalten im Volkshochschulverein München von Professor Dr. L. Graetz. 2. Auflage. Mit 116 Abbildungen.

Führt, von den einfachsten optischen Erscheinungen ausgehend, zur tieferen Einsicht in die Natur des Lichtes und der Farben, behandelt, ausgehend von der scheinbar geradlinigen Ausbreitung, Zurückwerfung und Brechung des Lichtes, das Wesen der Farben, die Beugungserscheinungen und die Photographie.

Literaturgeschichte s. Drama; Schiller; Theater; Volkslied.

Luther (s. a. Geschichte). Luther im Lichte der neueren Forschung. Ein kritischer Bericht. Von Professor Dr. H. Boehmer.

Versucht durch sorgfältige historische Untersuchung eine erschöpfende Darstellung von Luthers Leben und Wirken zu geben, die Persönlichkeit des Reformators aus ihrer Zeit heraus zu erfassen, ihre Schwächen und Stärken beleuchtend zu einem wahrheitsgetreuen Bilde zu gelangen, und gibt so nicht nur ein psychologisches Porträt, sondern bietet zugleich ein interessantes Stück Kulturgeschichte.

Mädchenschule (s. a. Bildungswesen; Schulwesen). Die höhere Mädchenschule in Deutschland. Von Oberlehrerin M. Martin.

Bietet aus berufenster Feder eine Darstellung der Ziele, der historischen Entwicklung, der heutigen Gestalt und der Zukunftsaufgaben der höheren Mädchenschulen.

Mathematik s. Arithmetik.

Meeresforschung. Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. O. Janson. Mit 41 Figuren.

Schildert kurz und lebendig die Fortschritte der modernen Meeresuntersuchung auf geographischem, physikalisch-chemischem und biologischem Gebiete, die Verteilung von Wasser und Land auf der Erde, die Tiefen des Meeres, die physikalischen und chemischen Verhältnisse des Meerwassers, endlich die wichtigsten Organismen des Meeres, die Pflanzen und Tiere.

Mensch (s. a. Auge; Kultur; Stimme). Der Mensch. Sechs Vorlesungen aus dem Gebiete der Anthropologie. Von Dr. Adolf Heilborn. Mit zahlreichen Abbildungen.

Stellt die Lehren der „Wissenschaft aller Wissenschaften" streng sachlich und doch durchaus volkstümlich dar: das Wissen vom Ursprung des Menschen, die Entwicklungsgeschichte des Individuums, die künstlerische Betrachtung der Proportionen des menschlichen Körpers und die streng wissenschaftlichen Meßmethoden (Schädelmessung usf.), behandelt ferner die Menschenrassen, die rassenanatomischen Verschiedenheiten, den Tertiärmenschen.

Mensch. Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Privatdozent Dr. H. Sachs. 2. Auflage. Mit 37 Abbildungen.
Stellt eine Reihe schematischer Abbildungen dar, erläutert die Einrichtung und die Tätigkeit der einzelnen Organe des Körpers und zeigt dabei vor allem, wie diese einzelnen Organe in ihrer Tätigkeit aufeinander einwirken, miteinander zusammenhängen und so den menschlichen Körper zu einem einheitlichen Ganzen, zu einem wohlgeordneten Staate machen.

——— Die Seele des Menschen. Von Professor Dr. J. Rehmke. 2. Auflage.
Behandelt, von der Tatsache ausgehend, daß der Mensch eine Seele habe, die ebenso gewiß sei wie die andere, daß der Körper eine Gestalt habe, das Seelenwesen und das Seelenleben und erörtert, unter Abwehr der materialistischen und halbmaterialistischen Anschauungen, von dem Standpunkt aus, daß die Seele Unkörperliches Immaterielles sei, nicht etwa eine Bestimmtheit des menschlichen Einzelwesens, auch nicht eine Wirkung oder eine „Funktion" des Gehirns, die verschiedenen Tätigkeitsäußerungen des als Seele Erkannten.

——— Die fünf Sinne des Menschen. Von Professor Dr. Jos. Clem. Kreibig. Mit 30 Abbildungen im Text.
Beantwortet die Fragen über die Bedeutung, Anzahl, Benennung und Leistungen der Sinne in gemeinfaßlicher Weise, indem das Organ und seine Funktionsweise, dann die als Reiz wirkenden äußeren Ursachen und zuletzt der Inhalt, die Stärke, das räumliche und zeitliche Merkmal der Empfindungen besprochen werden.

——— und Erde. Mensch und Erde. Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von Professor Dr. A. Kirchhoff. 2. Auflage.
Zeigt, wie die Ländernatur auf den Menschen und seine Kultur einwirkt, durch Schilderungen allgemeiner und besonderer Art, über Steppen- und Wüstenvölker, über die Entstehung von Nationen, wie Deutschland und China u. a. m.

——— und Tier. Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Professor Dr. Karl Eckstein. Mit 31 Abbildungen im Text.
Der hohe wirtschaftliche Bedeutung beanspruchende Kampf erfährt eine eingehende, ebenso interessante wie lehrreiche Darstellung; besonders werden die Kampfmittel beider Gegner geschildert, Schußwaffen, Fallen, Gifte, oder auch besondere Wirtschaftsmethoden, dort spitzige Kralle, scharfer Zahn, furchtbares Gift, List und Gewandtheit, der Schutzfärbung und Anpassungsfähigkeit nicht zu vergessen.

Menschenleben. Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold. 2. Auflage.
Beantwortet die Frage: Gibt es keine bindenden Regeln des menschlichen Handelns? in zuversichtlich bejahender, zugleich wohl begründeter Weise und entwirft die Grundzüge einer wissenschaftlich haltbaren und für eine nationale Erziehung brauchbaren Lebensanschauung und Lebensordnung.

Metalle. Die Metalle. Von Professor Dr. K. Scheid. Mit 16 Abbildungen.
Behandelt die für Kulturleben und Industrie wichtigen Metalle, schildert die mutmaßliche Bildung der Erze, die Gewinnung der Metalle aus den Erzen, das Hüttenwesen mit seinen verschiedenen Systemen, die Fundorte der Metalle, ihre Eigenschaften und Verwendung, unter Angabe historischer, kulturgeschichtlicher und statistischer Daten, sowie die Verarbeitung der Metalle.

Meteorologie s. Wetter.

Mikroskop (s. a. Optik). Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung, gemeinverständlich dargestellt. Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abbildungen im Text und einer Tafel.
Nach Erläuterung der optischen Konstruktion und Wirkung des Mikroskops, und Darstellung der historischen Entwicklung wird eine Beschreibung der modernsten Mikroskoptypen, Hilfsapparate und Instrumente gegeben, endlich gezeigt, wie die mikroskopische Untersuchung die Einsicht in Naturvorgänge vertieft.

Moleküle. Moleküle — Atome — Weltäther. Von Professor Dr. G. Mie. Mit 27 Figuren im Text.

Stellt die physikalische Atomlehre als die kurze, logische Zusammenfassung einer großen Menge physikalischer Tatsachen unter einem Begriffe dar, die ausführlich und nach Möglichkeit als einzelne Experimente geschildert werden.

Mond (s. a. Weltall). Der Mond. Von Professor Dr. J. Franz. Mit 31 Abbildungen im Text und auf 2 Doppeltafeln.

Gibt die Ergebnisse der neueren Mondforschung wieder, erörtert die Mondbewegung und Mondbahn, bespricht den Einfluß des Mondes auf die Erde und behandelt die Fragen der Oberflächenbedingungen des Mondes und die charakteristischen Mondgebilde anschaulich zusammengefaßt in „Beobachtungen eines Mondbewohners", endlich die Bewohnbarkeit des Mondes.

Mozart s. Musik.

Münze. Die Münze als historisches Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben. Von Dr. A. Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abbildungen im Text.

Zeigt, wie Münzen als geschichtliche Überbleibsel der Vergangenheit zur Aufhellung der wirtschaftlichen Zustände und der Rechtseinrichtungen früherer Zeiten dienen, die verschiedenen Arten von Münzen, ihre äußeren und inneren Merkmale sowie ihre Herstellung werden in historischer Entwicklung dargelegt und im Anschluß daran Münzsammlern beherzigenswerte Winke gegeben.

Musik. Einführung in das Wesen der Musik. Von Professor C. R. Hennig.

Die hier gegebene Ästhetik der Tonkunst untersucht das Wesen des Tones als eines Kunstmaterials; sie prüft die Natur der Darstellungsmittel und untersucht die Objekte der Darstellung, indem sie klarlegt, welche Ideen im musikalischen Kunstwerke gemäß der Natur des Tonmateriales und der Darstellungsmittel in idealer Gestaltung zur Darstellung gebracht werden können.

——— Geschichte der Musik. Von Dr. Friedrich Spiro.

Gibt in großen Zügen eine übersichtliche äußerst lebendig gehaltene Darstellung von der Entwicklung der Musik vom Altertum bis zur Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung der führenden Persönlichkeiten und der großen Strömungen und unter strenger Ausscheidung alles dessen, was für die Entwicklung der Musik ohne Bedeutung war.

——— Haydn, Mozart, Beethoven. Mit vier Bildnissen auf Tafeln. Von Professor Dr. C. Krebs.

Eine Darstellung des Entwicklungsganges und der Bedeutung eines jeden der drei großen Komponisten für die Musikgeschichte. Sie gibt mit wenigen, aber scharfen Strichen ein Bild der menschlichen Persönlichkeit und des künstlerischen Wesens der drei Heroen mit Hervorhebung dessen, was ein jeder aus seiner Zeit geschöpft und was er aus eignem hinzugebracht hat.

Muttersprache. Entstehung und Entwicklung unserer Muttersprache. Von Professor Dr. Wilhelm Uhl. Mit vielen Abbildungen im Text und auf Tafeln, sowie mit 1 Karte.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der sprachlich-wissenschaftlich lautphysiologischen wie der philologisch-germanistischen Forschung, die Ursprung und Organ, Bau und Bildung, andererseits die Hauptperioden der Entwicklung unserer Muttersprache zur Darstellung bringt.

Mythologie s. Germanen.

Nahrungsmittel s. Alkoholismus; Chemie; Ernährung; Haushalt; Kaffee.

Nationalökonomie s. Arbeiterschutz; Bevölkerungslehre; Soziale Bewegungen; Frauenbewegung; Welthandel; Wirtschaftsleben.

Naturlehre. Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Von Professor Dr. Felix Auerbach. 2. Auflage. Mit 79 Figuren im Text.

Eine zusammenhängende, für jeden Gebildeten verständliche Entwicklung der in der modernen Naturlehre eine allgemeine und exakte Rolle spielenden Begriffe Raum und Bewegung, Kraft und Masse und die allgemeinen Eigenschaften der Materie, Arbeit, Energie und Entropie.

Naturwissenschaften s. Abstammungslehre; Ameisen; Astronomie; Befruchtungsvorgang; Chemie; Erde; Haushalt; Licht; Meeresforschung; Mensch; Moleküle; Naturlehre; Obstbau; Pflanzen; Religion; Strahlen; Tierleben; Weltall; Wetter.

Nervensystem. Vom Nervensystem, seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele im gesunden und kranken Zustande. Von Professor Dr. R. Zander. Mit 27 Figuren im Text.

Erörtert die Bedeutung der nervösen Vorgänge für den Körper, die Geistestätigkeit und das Seelenleben und sucht Klarzulegen, unter welchen Bedingungen Störungen der nervösen Vorgänge auftreten, wie sie zu beseitigen und zu vermeiden sind.

Obstbau. Der Obstbau. Von Dr. Ernst Voges. Mit 13 Abbildungen im Text

Will über die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Obstbaues, sowie seine Naturgeschichte und große volkswirtschaftliche Bedeutung unterrichten. Die Geschichte des Obstbaues, das Leben des Obstbaumes, Obstbaumpflege und Obstbaumschutz, die wissenschaftliche Obstkunde, die Ästhetik des Obstbaues gelangen zur Behandlung.

Optik (s. a. Mikroskop; Stereoskop). Die optischen Instrumente. Von Dr. M. von Rohr. Mit 84 Abbildungen im Text.

Gibt eine elementare Darstellung der optischen Instrumente nach modernen Anschauungen, wobei weder das Ultramikroskop noch die neuen Apparate zur Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht (Monochromate), weder die Prismen- noch die Zielfernrohre, weder die Projektionsapparate noch die stereoskopischen Entfernungsmesser und der Stereokomparator fehlen.

Ostasien s. Kunst.

Pädagogik (s. a. Bildungswesen; Fröbel; Hilfsschulwesen; Knabenhandarbeit; Mädchenschule; Schulwesen). Allgemeine Pädagogik. Von Professor Dr. Theobald Ziegler. 2. Auflage.

Behandelt die großen Fragen der Volkserziehung in praktischer, allgemeinverständlicher Weise und in sittlich-sozialem Geiste. Die Zwecke und Motive der Erziehung, das Erziehungsgeschäft selbst, dessen Organisation werden erörtert, die verschiedenen Schulgattungen dargestellt.

Palästina. Palästina und seine Geschichte. Sechs Vorträge von Professor Dr. H. Freiherr von Soden. 2. Auflage. Mit 2 Karten und 1 Plan von Jerusalem und 6 Ansichten des heiligen Landes.

Ein Bild, nicht nur des Landes selbst, sondern auch alles dessen, was aus ihm hervor- oder über es hingegangen ist im Laufe der Jahrhunderte — ein wechselvolles, farbenreiches Bild, in dessen Verlauf die Patriarchen Israels und die Kreuzfahrer, David und Christus, die alten Assyrer und die Scharen Mohammeds einander ablösen.

Patentrecht s. Gewerbe.

Pflanzen (s. a. Obstbau; Tierleben). Unsere wichtigsten Kulturpflanzen. Von Professor Dr. K. Giesenhagen. Mit 40 Figuren im Text.

Behandelt die Getreidepflanzen und ihren Anbau nach botanischen wie kulturgeschichtlichen Gesichtspunkten, damit zugleich in anschaulichster Form allgemeine botanische Kenntnisse vermittelnd.

——— Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen. Von Privatdozent Dr. Ernst Küster. Mit 38 Abbildungen im Text.

Gibt eine kurze Übersicht über die wichtigsten Formen der vegetativen Vermehrung und beschäftigt sich eingehend mit der Sexualität der Pflanzen, deren überraschend vielfache und mannigfaltige Äußerungen, ihre große Verbreitung im Pflanzenreich und ihre in allen Einzelheiten erkennbare Übereinstimmung mit der Sexualität der Tiere zur Darstellung gelangen.

Philosophie (s. a. Kant; Menschenleben; Schopenhauer; Weltanschauung; Weltproblem). Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Professor Dr. O. Külpe. 3. Auflage.

Schildert die vier Hauptrichtungen der deutschen Philosophie der Gegenwart, den Positivismus, Materialismus, Naturalismus und Idealismus, nicht nur im allgemeinen, sondern auch durch eingehendere Würdigung einzelner typischer Vertreter wie Mach und Dühring, Haeckel, Nietzsche, Fechner, Lotze, v. Hartmann und Wundt.

Physik s. Licht; Mikroskop; Moleküle; Naturlehre; Optik; Strahlen.

Polarforschung. Die Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Professor Dr. Kurt Hassert. Mit 6 Karten auf 2 Tafeln.

Faßt die Hauptfortschritte und Ergebnisse der Jahrhunderte alten, an tragischen und interessanten Momenten überreichen Entdeckungstätigkeit zusammen.

Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Hofrat Professor Dr. Fr. v. Duhn. Mit 62 Abbildungen.

Sucht, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, an dem besonders greifbaren Beispiel Pompejis die Übertragung der griechischen Kultur und Kunst nach Italien, ihr Werden zur Weltkultur und Weltkunst verständlich zu machen, wobei die Hauptphasen der Entwicklung Pompejis, immer im Hinblick auf die gestaltende Bedeutung, die gerade der Hellenismus für die Ausbildung der Stadt, ihrer Lebens- und Kunstformen gehabt hat, zur Darstellung gelangen.

Psychologie s. Mensch; Nervensystem; Seele.

Rechtsschutz s. Gewerbe.

Religion (s. a. Buddha; Christentum; Germanen; Jesuiten; Jesus; Luther). Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte. Von Professor Dr. Fr. Giesebrecht.

Schildert, wie Israels Religion entsteht, wie sie die nationale Schale sprengt, um in den Propheten die Ansätze einer Menschheitsreligion auszubilden, wie auch diese neue Religion sich verpuppt in die Formen eines Priesterstaats.

——— Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. Ein geschichtlicher Rückblick von Dr. A. Pfannkuche.

Will durch geschichtliche Darstellung der Beziehungen beider Gebiete eine vorurteilsfreie Beurteilung des heiß umstrittenen Problems ermöglichen. Ausgehend von der ursprünglichen Einheit von Religion und Naturerkennen in den Naturreligionen schildert der Verfasser das Entstehen der Naturwissenschaft in Griechenland und der Religion in Israel, um dann zu zeigen, wie aus der Verschwisterung beider jene ergreifenden Konflikte erwachsen, die sich besonders an die Namen von Kopernikus und Darwin knüpfen.

Religion. Die religiösen Strömungen der Gegenwart. Von Superintendent D. A. H. Braasch.

Will die gegenwärtige religiöse Lage nach ihren bedeutsamen Seiten hin darlegen und ihr geschichtliches Verständnis vermitteln; die markanten Persönlichkeiten und Richtungen, die durch wissenschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung gestellten Probleme, wie die Ergebnisse der Forschung, der Ultramontanismus wie die christliche Liebestätigkeit gelangen zur Behandlung.

Rom. Die ständischen und sozialen Kämpfe in der römischen Republik. Von Privatdozent Dr. Leo Bloch.

Behandelt die Sozialgeschichte Roms, soweit sie mit Rücksicht auf die die Gegenwart bewegenden Fragen von allgemeinem Interesse ist. Insbesondere gelangen die durch die Großmachtstellung Roms bedingte Entstehung neuer sozialer Unterschiede, die Herrschaft des Amtsadels und des Kapitals, auf der anderen Seite eines großstädtischen Proletariats zur Darstellung, die ein Ausblick auf die Lösung der Parteikämpfe durch die Monarchie beschließt.

Schiller. Von Professor Dr. Th. Ziegler. Mit dem Bildnis Schillers von Kügelgen in Heliogravüre.

Gedacht als eine Einführung in das Verständnis von Schillers Werdegang und Werken, behandelt das Büchlein vor allem die Dramen Schillers und sein Leben, ebenso aber auch einzelne seiner lyrischen Gedichte und die historischen und die philosophischen Studien als ein wichtiges Glied in der Kette seiner Entwicklung.

Schopenhauer. Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Sechs Vorträge von Oberlehrer H. Richert. Mit dem Bildnis Schopenhauers.

Unterrichtet über Schopenhauer in seinem Werden, seinen Werken und seinem Fortwirken, in seiner historischen Bedingtheit und seiner bleibenden Bedeutung, indem es eine gründliche Einführung in die Schriften Schopenhauers und zugleich einen zusammenfassenden Überblick über das Ganze seines philosophischen Systems gibt.

Schriftwesen. Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Professor Dr. O. Weise. 2. Auflage. Mit 37 Abbildungen.

Verfolgt durch mehr als vier Jahrtausende Schrift-, Brief- und Zeitungswesen, Buchhandel und Bibliotheken.

Schulhygiene. Von Privatdozent Dr. Leo Burgerstein. Mit einem Bildnis und 33 Figuren im Text.

Bietet eine auf den Forschungen und Erfahrungen in den verschiedensten Kulturländern beruhende Darstellung, die ebenso die Hygiene des Unterrichts und Schullebens wie jene des Hauses, die im Zusammenhang mit der Schule stehenden modernen materiellen Wohlfahrtseinrichtungen, endlich die hygienische Unterweisung der Jugend, die Hygiene des Lehrers und die Schularztfrage behandelt.

Schulwesen (s. a. Bildungswesen; Fröbel; Hilfsschulwesen; Mädchenschule; Pädagogik). Geschichte des deutschen Schulwesens. Von Oberrealschuldirektor Dr. K. Knabe.

Stellt die Entwicklung des deutschen Schulwesens in seinen Hauptperioden dar und bringt so Anfänge des deutschen Schulwesens, Scholastik, Humanismus, Reformation, Gegenreformation, neue Bildungsziele, Pietismus, Philanthropismus, Aufklärung, Neuhumanismus, Prinzip der allseitigen Ausbildung vermittels einer Anstalt, Teilung der Arbeit und den nationalen Humanismus der Gegenwart zur Darstellung.

——— Schulkämpfe der Gegenwart. Vorträge zum Kampf um die Volksschule in Preußen, gehalten in der Humboldt-Akademie in Berlin. Von J. Tews.

Knapp und doch umfassend stellt der Verfasser die Probleme dar, um die es sich bei der Reorganisation der Volksschule handelt, deren Stellung zu Staat und Kirche, deren Abhängigkeit von Zeitgeist und Zeitbedürfnissen, deren Wichtigkeit für die Herausgestaltung einer volksfreundlichen Gesamtkultur scharf beleuchtet werden.

Schulwesen. Volksschule und Lehrerbildung in den Vereinigten Staaten von Nordamerika. Von Direktor Dr. Franz Kuypers.

Der Verfasser hat nicht nur die Weltausstellung zu St. Louis gründlich studiert, sondern sich auch sonst in den Schulen der fortgeschrittenen Staaten Nordamerikas umgesehen. Anschaulich schildert er das Schulwesen vom Kindergarten bis zur Hochschule, überall das Wesentliche der amerikanischen Erziehungsweise (die stete Erziehung zum Leben, das Wecken des Betätigungstriebes, das Hindrängen auf praktische Verwertung usw.) hervorhebend. Dabei wird der Leser zum Vergleich mit der heimischen Unterrichtsmanier (strenger stufenmäßiger Aufbau, Vorherrschen des Dozierens u. dgl.) angeregt.

Seekrieg s. Kriegswesen.

Seele s. Mensch.

Sinnesleben s. Mensch.

Soziale Bewegungen (s. a. Arbeiterschutz; Frauenbewegung). Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von Professor Dr. G. Maier. 3. Auflage.

In einer geschichtlichen Betrachtung, die mit den altorientalischen Kulturvölkern beginnt, werden an den zwei großen wirtschaftlichen Schriften Platos die Wirtschaft der Griechen, an der Gracchischen Bewegung die der Römer beleuchtet, ferner die Utopie des Thomas Morus, andererseits der Bauernkrieg behandelt, die Bestrebungen Colberts und das Merkantilsystem, die Physiokraten und die ersten wissenschaftlichen Staatswirtschaftslehrer gewürdigt und über die Entstehung des Sozialismus und die Anfänge der neueren Handels-, Zoll- und Verkehrspolitik aufgeklärt.

Sprache s. Muttersprache; Stimme.

Städtewesen. Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter. Von Oberlehrer Dr. B. Heil. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen im Text und auf 1 Doppeltafel.

Stellt die geschichtliche Entwicklung dar, schildert die wirtschaftlichen, sozialen und staatsrechtlichen Verhältnisse und gibt ein zusammenfassendes Bild von der äußeren Erscheinung und dem inneren Leben der deutschen Städte.

——— Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland. Vorträge gehalten bei der Oberschulbehörde in Hamburg. Von Regierungs-Baumeister Albert Erbe. Mit 59 Abbildungen.

Will dem als Zeichen wachsenden Kunstverständnisses zu begrüßenden Sinn für die Reize der alten malerischen Städtebilder durch eine mit Abbildungen reich unterstützte Schilderung der so eigenartigen und vielfachen Herrlichkeit Alt-Hollands wie Niederdeutschlands, ferner Danzigs, Lübecks, Bremens und Hamburgs nicht nur vom rein künstlerischen, sondern auch vom kulturgeschichtlichen Standpunkt aus entgegenkommen.

——— Kulturbilder aus griechischen Städten. Von Oberlehrer Dr. Erich Ziebarth. Mit 22 Abbildungen im Text und 1 Tafel.

Sucht ein anschauliches Bild zu entwerfen von dem Aussehen einer altgriechischen Stadt und von dem städtischen Leben in ihr, auf Grund der Ausgrabungen und der inschriftlichen Denkmäler; die altgriechischen Bergstädte Thera, Pergamon, Priene, Milet, der Tempel von Didyma werden geschildert. Stadtpläne und Abbildungen suchen die einzelnen Städtebilder zu erläutern.

Stereoskop (s. a. Optik). Das Stereoskop und seine Anwendungen. Von Professor Th. Hartwig. Mit 40 Abbildungen im Text und 19 stereoskopischen Tafeln.

Behandelt die verschiedenen Erscheinungen und praktischen Anwendungen der Stereoskopie, insbesondere die stereoskopischen Himmelsphotographien, die stereoskopische Darstellung mikroskopischer Objekte, das Stereoskop als Meßinstrument und die Bedeutung und Anwendung des Stereokomparators, insbesondere in bezug auf photogrammetrische Messungen. Beigegeben sind 19 stereoskopische Tafeln.

Stimme, die menschliche, und ihre Hygiene. Von Professor Dr. P. Gerber. Mit 20 Abbildungen.

Nach den notwendigsten Erörterungen über das Zustandekommen und über die Natur der Töne wird der Kehlkopf des Menschen, sein Bau, seine Verrichtungen und seine Funktion als musikalisches Instrument behandelt; dann werden die Gesang- und die Sprechstimme, ihre Ausbildung, ihre Fehler und Erkrankungen, sowie deren Verhütung und Behandlung, insbesondere Erkältungskrankheiten, die professionelle Stimmschwäche, der Alkoholeinfluß und die Abhärtung erörtert.

Strahlen (s. a. Licht). Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Von Professor Dr. R. Börnstein und Professor Dr. W. Marckwald. Mit 82 Abbildungen.

Schildert die verschiedenen Arten der Strahlen, darunter die Kathoden- und Röntgenstrahlen, die Hertzschen Wellen, die Strahlungen der radioaktiven Körper (Uran und Radium) nach ihrer Entstehung und Wirkungsweise, unter Darstellung der charakteristischen Vorgänge der Strahlung.

Technik (s. a. Beleuchtungsarten; Dampf; Eisenbahnen; Eisenhüttenwesen; Ingenieurtechnik; Metalle; Mikroskop; Rechtsschutz; Stereoskop; Wärmekraftmaschinen). Am sausenden Webstuhl der Zeit. Übersicht über die Wirkungen der Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik auf das gesamte Kulturleben. Von Geh. Regierungsrat Professor Dr. W. Launhardt. 2. Auflage. Mit 16 Abbildungen im Text und auf 5 Tafeln.

Ein geistreicher Rückblick auf die Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik, der die Weltwunder unserer Zeit verdankt werden.

Tee s. Kaffee.

Theater (s. a. Drama). Das Theater. Sein Wesen, seine Geschichte, seine Meister. Von Professor Dr. K. Borinski. Mit 8 Bildnissen.

Begreift das Drama als ein Selbstgericht des Menschentums und charakterisiert die größten Dramatiker der Weltliteratur bei aller Knappheit liebevoll und geistvoll, wobei es die dramatischen Meister der Völker und Zeiten tunlichst selbst reden läßt.

Theologie s. Bibel; Christentum; Jesus; Palästina; Religion.

Tierleben (s. a. Ameise; Mensch und Tier). Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt. Von Professor Dr. K. Kraepelin.

Stellt in großen Zügen eine Fülle wechselseitiger Beziehungen der Organismen zueinander dar. Familienleben und Staatenbildung der Tiere, wie die interessanten Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander werden geschildert.

——— Einführung in die Tierkunde. Von Privatdozent Dr. Kurt Hennings.

Will die Einheitlichkeit des gesamten Tierreiches zum Ausdruck bringen, Bewegung und Empfindung, Stoffwechsel und Fortpflanzung als die charakterisierenden Eigenschaften aller Tiere darstellen und sodann die Tätigkeit des Tierleibes aus seinem Bau verständlich machen, wobei

der Schwerpunkt der Darstellung auf die Lebensweise der Tiere gelegt ist. So werden nach einem Vergleich der drei Naturreiche die Bestandteile des tierischen Körpers behandelt, sodann ein Überblick über die sieben großen Kreise des Tierreiches gegeben, ferner Bewegung und Bewegungsorgane, Aufenthaltsort, Bewußtsein und Empfindung, Nervensystem und Sinnesorgane, Stoffwechsel, Fortpflanzung und Entwicklung erörtert.

Tierleben. Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. Friedrich Knauer. Mit zahlreichen Vollbildern und Textbildern.

Zahlreiche niederste Tiere pflanzen sich ungeschlechtlich fort, und bis zu den Fischen hinauf finden wir bei zahlreichen Tiergruppen die Einzelindividuen als Zwitter. Aus diesem Hermaphroditismus hat sich allmählich die Zweigeschlechtigkeit herausgebildet, die es wieder bei verschiedenen Tierarten zu auffälligstem geschlechtlichem Dimorphismus, ja zu so weit gehender Verschiedenheit der Männchen und Weibchen derselben Art gebracht hat, daß selbst Fachleute wiederholt Männchen und Weibchen ein und derselben Art für Individuen verschiedener Art angesprochen haben. Vorliegende Schrift führt dem Leser aus der Fülle der Beispiele die interessanten Fälle solcher Verschiedenheit zwischen Männchen und Weibchen vor und kommt dabei auch vielfach auf die Brutpflege in der Tierwelt und das Verhalten der Männchen zu derselben zu sprechen.

——— Die Lebensbedingungen und die geographische Verbreitung der Tiere. Von Professor Dr. Otto Maas.

Es soll hier nicht, wie es in verdienstvoller Weise von mancher Seite geschehen ist, ein gedrängtes Nachschlagebüchlein für den Studenten und Fachmann gegeben werden, sondern bei wissenschaftlich nicht vorgebildeten Kreisen Interesse für die Sache, die „Tiergeographie" erweckt werden. Manche Anknüpfungen an soziale Fragen werden dabei berührt. Es kann dies nicht geschehen, ohne auf biologische Gesichtspunkte, auf die „Lebensbedingungen" einzugehen. Der Hauptzweck des Bändchens soll aber sein, auf die allgemeinen Gesichtspunkte aufmerksam zu machen, die sich aus einer Betrachtung der Tierwelt überhaupt, auch der heimatlichen, ergeben.

Tuberkulose. Die Tuberkulose, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Für die Gebildeten aller Stände gemeinfaßlich dargestellt von Oberstabsarzt Dr. W. Schumburg. Mit 1 Tafel und 8 Figuren im Text.

Schildert nach einem Überblick über die Verbreitung der Tuberkulose das Wesen derselben, beschäftigt sich eingehend mit dem Tuberkelbazillus, bespricht die Maßnahmen, durch die man ihn von sich fernhalten kann, und erörtert die Fragen der Heilung der Tuberkulose, vor allem die hygienisch-diätetische Behandlung in Sanatorien und Lungenheilstätten.

Turnen s. Leibesübungen.

Verfassung (s. a. Fürstentum). Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches. Sechs Vorträge von Professor Dr. E. Loening. 2. Auflage.

Beabsichtigt in gemeinverständlicher Sprache in das Verfassungsrecht des Deutschen Reiches einzuführen, soweit dies für jeden Deutschen erforderlich ist, und durch Aufweisung des Zusammenhanges sowie durch geschichtliche Rückblicke und Vergleiche den richtigen Standpunkt für das Verständnis des geltenden Rechtes zu gewinnen.

Verkehrsentwicklung (s. a. Eisenbahnen; Technik). Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900. Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung, sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft von Professor Dr. W. Lotz. 2. Aufl.

Gibt nach einer kurzen Übersicht über die Hauptfortschritte in den Verkehrsmitteln und deren wirtschaftliche Wirkungen eine Geschichte des Eisenbahnwesens, schildert den heutigen Stand der Eisenbahnverfassung, das Güter- und das Personentarifwesen, die Reformversuche und die Reformfrage, ferner die Bedeutung der Binnenwasserstraßen und endlich die Wirkungen der modernen Verkehrsmittel.

Versicherung (s. a. Arbeiterschutz). Grundzüge des Versicherungswesens. Von Professor Dr. A. Manes.

Behandelt sowohl die Stellung der Versicherung im Wirtschaftsleben, die Entwicklung der Versicherung, die Organisation ihrer Unternehmungsformen, den Geschäftsgang eines Versicherungsbetriebs, die Versicherungspolitik, das Versicherungsvertragsrecht und die Versicherungswissenschaft, als die einzelnen Zweige der Versicherung, wie Lebensversicherung, Unfallversicherung, Haftpflichtversicherung, Transportversicherung, Feuerversicherung, Hagelversicherung, Viehversicherung, kleinere Versicherungszweige, Rückversicherung.

Volkslied. Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Privatdozent Dr. J. W. Bruinier. 2. Auflage.

Handelt in schwungvoller Darstellung vom Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges, unterrichtet über die deutsche Volksliederpflege in der Gegenwart, über Wesen und Ursprung des deutschen Volksgesanges, Skop und Spielmann, Geschichte und Mär, Leben und Liebe.

Volksstämme. Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Professor Dr. O. Weise. 2. Auflage. Mit 29 Abbildungen im Text und auf Tafeln.

Schildert, durch eine gute Auswahl von Städte-, Landschafts- und anderen Bildern unterstützt, die Eigenart der deutschen Gaue und Stämme, die charakteristischen Eigentümlichkeiten der Landschaft, den Einfluß auf das Temperament und die geistige Anlage der Menschen, die Leistungen hervorragender Männer, Sitten und Gebräuche, Sagen und Märchen, Besonderheiten in der Sprache und Hauseinrichtung u. a. m.

Volkswirtschaftslehre s. Amerika; Arbeiterschutz; Bevölkerungslehre; Frauenbewegung; Japan; Soziale Bewegungen; Verkehrsentwicklung; Versicherung; Wirtschaftsgeschichte.

Warenzeichenrecht s. Gewerbe.

Wärme s. Chemie.

Wärmekraftmaschinen (s. a. Dampf). Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen (Gasmaschinen). Von Professor Dr. Richard Vater. 2. Auflage. Mit 34 Abbildungen.

Will Interesse und Verständnis für die immer wichtiger werdenden Gas-, Petroleum- und Benzinmaschinen erwecken. Nach einem einleitenden Abschnitte folgt eine kurze Besprechung der verschiedenen Betriebsmittel, wie Leuchtgas, Kraftgas usw., der Viertakt- und Zweitaktwirkung, woran sich dann das Wichtigste über die Bauarten der Gas-, Benzin-, Petroleum- und Spiritusmaschinen sowie eine Darstellung des Wärmemotors Patent Diesel anschließt.

——— Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen. Von Professor Dr. Richard Vater. Mit 48 Abbildungen.

Ohne den Streit, ob „Lokomobile oder Sauggasmaschine", „Dampfturbine oder Großgasmaschine", entscheiden zu wollen, behandelt Verfasser die einzelnen Maschinengattungen mit Rücksicht auf ihre Vorteile und Nachteile, wobei im zweiten Teil der Versuch unternommen ist, eine möglichst einfache und leichtverständliche Einführung in die Theorie und den Bau der Dampfturbine zu geben.

Wasser s. Chemie.

Weltall (s. a. Astronomie). Der Bau des Weltalls. Von Professor Dr. J. Scheiner. 2. Auflage. Mit 24 Figuren im Text und auf einer Tafel.

Stellt nach einer Einführung in die wirklichen Verhältnisse von Raum und Zeit im Weltall dar, wie das Weltall von der Erde aus erscheint, erörtert den inneren Bau des Weltalls, d. h. die Struktur der selbständigen Himmelskörper und schließlich die Frage über die äußere Konstitution der Fixsternwelt.

Weltanschauung (s. a. Kant; Menschenleben; Philosophie; Weltproblem). Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit. Von Professor Dr. L. Busse. 2. Auflage.

Will mit den bedeutendsten Erscheinungen der neueren Philosophie bekannt machen; die Beschränkung auf die Darstellung der großen klassischen Systeme ermöglicht es, die beherrschenden und charakteristischen Grundgedanken eines jeden scharf herauszuarbeiten und so ein möglichst klares Gesamtbild der in ihm enthaltenen Weltanschauung zu entwerfen.

Weltäther s. Moleküle.

Welthandel. Geschichte des Welthandels. Von Oberlehrer Dr. Max Georg Schmidt.

Eine zusammenfassende Übersicht der Entwickelung des Handels führt von dem Altertum an über das Mittelalter, in dem Konstantinopel, seit den Kreuzzügen Italien und Deutschland den Weltverkehr beherrschen, zur Neuzeit, die mit der Auffindung des Seewegs nach Indien und der Entdeckung Amerikas beginnt und bis zur Gegenwart, in der auch der deutsche Kaufmann nach dem alten Hansawort „Mein Feld ist die Welt" den ganzen Erdball erobert.

Weltproblem (s. a. Philosophie; Weltanschauung). Das Weltproblem von positivistischem Standpunkte aus. Von Privatdozent Dr. J. Petzoldt.

Sucht die Geschichte des Nachdenkens über die Welt als eine sinnvolle Geschichte von Irrtümern psychologisch verständlich zu machen im Dienste der von Schuppe, Mach und Avenarius vertretenen Anschauung, daß es keine Welt an sich, sondern nur eine Welt für uns gibt, ihre Elemente nicht Atome oder sonstige absolute Existenzen, sondern Farben-, Ton-, Druck-, Raum-, Zeit- usw. Empfindungen sind, trotzdem aber die Dinge nicht bloß subjektiv, nicht bloß Bewußtseinserscheinungen sind, vielmehr die aus jenen Empfindungen zusammengesetzten Bestandteile unserer Umgebung fortexistierend zu denken sind, auch wenn wir sie nicht mehr wahrnehmen.

Wetter. Wind und Wetter. Fünf Vorträge über die Grundlagen und wichtigeren Aufgaben der Meteorologie. Von Professor Dr. Leonh. Weber. Mit 27 Figuren im Text und 3 Tafeln.

Schildert die historischen Wurzeln der Meteorologie, ihre physikalischen Grundlagen und ihre Bedeutung im gesamten Gebiete des Wissens, erörtert die hauptsächlichsten Aufgaben, die dem ausübenden Meteorologen obliegen, wie die praktische Anwendung in der Wettervorhersage.

Wirtschaftsgeschichte (s. a. Amerika; Eisenbahnen; Geographie; Handwerk; Japan; Rom; Soziale Bewegungen; Verkehrsentwicklung). Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im 19. Jahrhundert. Von Professor Dr. L. Pohle.

Gibt in gedrängter Form einen Überblick über die gewaltige Umwälzung, die die deutsche Volkswirtschaft im letzten Jahrhundert durchgemacht hat: die Umgestaltung der Landwirtschaft; die Lage von Handwerk und Hausindustrie; die Entstehung der Großindustrie mit ihren Begleiterscheinungen; Kartellbewegung und Arbeiterfrage; die Umgestaltung des Verkehrswesens und die Wandlungen auf dem Gebiete des Handels.

Wirtschaftsgeschichte. Deutsches Wirtschaftsleben. Auf geographischer Grundlage geschildert von Professor Dr. Chr. Gruber. Mit 4 Karten.

Beabsichtigt, ein gründliches Verständnis für den sieghaften Aufschwung unseres wirtschaftlichen Lebens seit der Wiederaufrichtung des Reichs herbeizuführen und darzulegen, inwieweit sich Produktion und Verkehrsbewegung auf die natürlichen Gelegenheiten, die geographischen Vorzüge unseres Vaterlandes stützen können und in ihnen sicher verankert liegen.

——— Wirtschaftliche Erdkunde. Von Professor Dr. Chr. Gruber.

Will die ursprünglichen Zusammenhänge zwischen der natürlichen Ausstattung der einzelnen Länder und der wirtschaftlichen Kraftäußerung ihrer Bewohner klar machen und das Verständnis für die wahre Machtstellung der einzelnen Völker und Staaten eröffnen. Das Weltmeer als Hochstraße des Weltwirtschaftsverkehrs und als Quelle der Völkergröße, — die Landmassen als Schauplatz alles Kulturlebens und der Weltproduktion, — Europa nach seiner wirtschaftsgeographischen Veranlagung und Bedeutung, — die einzelnen Kulturstaaten nach ihrer wirtschaftlichen Entfaltung (viele geistreiche Gegenüberstellungen!): all dies wird in anschaulicher und großzügiger Weise vorgeführt.

Zoologie s. Ameisen; Tierleben.

Übersicht nach den Autoren.

Abel, Chemie in Küche und Haus.
Abelsdorff, Das Auge.
Alkoholismus, Der, seine Wirkungen und seine Bekämpfung. 3 Bände.
Auerbach, Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre.
Biedermann, Die technische Entwickl. der Eisenbahnen der Gegenwart.
Biernacki, Die moderne Heilwissenschaft.
Bloch, Die ständischen u. sozialen Kämpfe.
Blochmann, Luft, Wasser, Licht u. Wärme.
Boehmer, Jesuiten.
Boehmer, Luther im Lichte der neueren Forschungen.
Bongardt, Die Naturwissenschaften im Haushalt. 2 Bändchen.
Bonhoff, Jesus und seine Zeitgenossen.
Borinski, Das Theater.
Börnstein und Marckwald, Sichtbare und unsichtbare Strahlen.
Braasch, Religiöse Strömungen.
Bruinier, Das deutsche Volkslied.
Brüsch, D. Beleuchtungsart. d. Gegenwart.
Buchner, 8 Vorträge a. d. Gesundheitslehre.
Burgerstein, Schulhygiene.
Bürkner, Kunstpflege in Haus u. Heimat.
Busse, Weltanschauung. d. gr. Philosoph.
Crantz, Arithmetik und Algebra. I.
Daenell, Geschichte der Ver. Staaten von Amerika.
v. Duhn, Pompeji.
Eckstein, Der Kampf zwischen Mensch und Tier.
Erbe, Hist. Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland.
Franz, Der Mond.
Frech, Aus der Vorzeit der Erde.
Frentzel, Ernähr. u. Volksnahrungsmittel.
Geffcken, A. d. Werdezeit d. Christentums.
Gerber, Die menschliche Stimme.
Giesebrecht, Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte.
Giesenhagen, Uns. wicht. Kulturpflanzen.
Graetz, Licht und Farben.
Graul, Ostasiatische Kunst.
Gruber, Deutsches Wirtschaftsleben.
Gruber, Wirtschaftliche Erdkunde.
Günther, Das Zeitalter der Entdeckungen.
Hahn, Die Eisenbahnen.
v. Hansemann, D. Aberglaube i. d. Medizin.
Hartwig, Das Stereoskop.
Hassert, Die Polarforschung.

Haushofer, Bevölkerungslehre.
Heigel, Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrh.
Heil, D. Städte u. Bürger im Mittelalter.
Heilborn, Die deutschen Kolonien. (Land und Leute.)
Heilborn, Der Mensch.
Hennig, Einführung in das Wesen der Musik.
Hennings, Einführg. in die Tierkunde.
Hesse, Abstammungslehre u. Darwinismus.
Hubrich, Deutsches Fürstentum und deutsches Verfassungswesen.
Janson, Meeresforschung u. Meeresleben.
Kautzsch, Die deutsche Illustration.
Kirchhoff, Mensch und Erde.
Knabe, Geschichte d. deutsch. Schulwesens.
Knauer, Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt.
Knauer, Die Ameisen.
Kraepelin, Die Beziehungen der Tiere zueinander.
Krebs, Haydn, Mozart, Beethoven.
Kreibig, Die fünf Sinne des Menschen.
Külpe, Die Philosophie der Gegenwart.
Külpe, Immanuel Kant.
Küster, Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen.
Kuppers, Volksschule und Lehrerbildung in den Ver. Staaten.
Laughlin, Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben.
Launhardt, Am sausenden Webstuhl der Zeit.
Loening, Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches.
Lotz, Verkehrsentwcklg. i. Dtschl. 1800–1900.
Luschin von Ebengreuth, Die Münze.
Maas, Lebensbedingungen der Tiere.
Maier, Soziale Bewegungen u. Theorien.
von Maltzahn, Der Seekrieg.
Manes, Grundzüge d. Versicherungswes.
Maennel, Vom Hilfsschulwesen.
Martin, Die höh. Mädchenschule in Dtschld.
Matthaei, Deutsche Baukunst i. Mittelalt.
Mehlhorn, Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu.
Mehringer, Das deutsche Haus und sein Hausrat.
Merckel, Bilder aus der Ingenieurtechnik.
Merckel, Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit.
Mie, Moleküle — Atome — Weltäther.
Miehe, Die Erscheinungen des Lebens.
von Negelein, Germ. Mythologie.
Oppenheim, Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit.
Otto, Das deutsche Handwerk.
Otto, Deutsches Frauenleben.
Pabst, Die Knabenhandarbeit.
Paulsen, Das deutsche Bildungswesen.
Petzoldt, Das Weltproblem.
Pfannkuche, Religion u. Naturwissensch.
Pischel, Leben und Lehre des Buddha.
Pohle, Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im 19. Jahrhundert.
von Portugall, Friedrich Fröbel.
Pott, Der Text des Neuen Testaments nach seiner geschichtl. Entwicklung.
Rauck, Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses.
Rathgen, Die Japaner.
Rehmke, Die Seele des Menschen.
Richert, Schopenhauer.
von Rohr, Optische Instrumente.
Sachs, Bau u. Tätigkeit d. menschl. Körpers.
Scheffer, Das Mikroskop.
Scheid, Die Metalle.
Scheiner, Der Bau des Weltalls.
Schirmacher, Die mod. Frauenbewegung.
Schmidt, Gesch. des Welthandels.
Schumburg, Die Tuberkulose.
Schwemer, Restauration und Revolution.
Schwemer, Die Reaktion u. die neue Ära.
Schwemer, Vom Bund zum Reich.
von Soden, Palästina.
von Sothen, D. Kriegswesen i. 19. Jahrh.
Spiro, Geschichte der Musik.
Stein, Die Anfänge der menschl. Kultur.
Steinhausen, Germ. Kultur in der Urzeit.
Teichmann, Der Befruchtungsvorgang.
Tews, Schulkämpfe der Gegenwart.
Volksdorf, Gewerblicher Rechtsschutz in Deutschland.
Uhl, Entsteh. u. Entwickl. uns. Mutterspr.
Unold, Aufgab. u. Ziele d. Menschenlebens.
Vater, Theorie u. Bau der neueren Wärmekraftmaschinen. — Die neueren Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen. — Dampf u. Dampfmaschine.
Voges, Der Obstbau.
Volbehr, Bau u. Leben d. bildenden Kunst.
Wahrmund, Ehe und Eherecht.
Weber, Wind und Wetter.
Weber, Von Luther zu Bismarck. 2 Bde.
Wedding, Eisenhüttenwesen.
Weinel, Die Gleichnisse Jesu.
Weise, Schrift- u. Buchwes. i. alt. u. n. Zeit.
Weise, Die d. Volksstämme u. Landschaft.
Wilbrandt, Die Frauenarbeit.
Wieler, Die narkotischen Aufgußgetränke.
Wislicenus, Der Kalender.
Witkowski, Das d. Drama d. XIX. Jahrh.
Wustmann, Albrecht Dürer.
Zander, Nervensystem. — Leibesübungen.
Ziebarth, Kulturbilder aus griechischen Städten.
Ziegler, Allgem. Pädagogik. — Schiller.
v. Zwiedineck-Südenhorst, Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin.

DIE KULTUR DER GEGENWART

IHRE ENTWICKLUNG UND IHRE ZIELE

HERAUSGEGEBEN VON PROFESSOR PAUL HINNEBERG

In 4 Teilen. Lex.-8. Jeder Teil zerfällt in einzelne inhaltlich vollständig in sich abgeschlossene u. einzeln käufliche Bände (Abteilungen).

Die „Kultur der Gegenwart" soll eine systematisch aufgebaute, geschichtlich begründete Gesamtdarstellung unserer heutigen Kultur darbieten, indem sie die Fundamentalergebnisse der einzelnen Kulturgebiete nach ihrer Bedeutung für die gesamte Kultur der Gegenwart und für deren Weiterentwicklung in großen Zügen zur Darstellung bringt. Das Werk vereinigt eine Zahl erster Namen aus allen Gebieten der Wissenschaft und Praxis und bietet Darstellungen der einzelnen Gebiete jeweils aus der Feder des dazu Berufensten in gemeinverständlicher, künstlerisch gewählter Sprache auf knappstem Raume.

Teil I: Die geisteswissenschaftlichen Kulturgebiete. I. Hälfte.
Religion und Philosophie, Literatur, Musik und Kunst mit vorangehender Einleitung zu dem Gesamtwerk.

Abt. 1. Die allgemeinen Grundlagen der Kultur der Gegenwart.
Abt. 2. Aufgaben und Methode der Geisteswissenschaften.
Abt. 3. Außerchristliche Religionen.
Abt. 4. Die christliche Religion mit Einschluß der israelit.-jüd. Religion.
Abt. 5. Allgem. Geschichte der Philosophie.
Abt. 6. System der Philosophie.
Abt. 7. Die orientalischen Literaturen.
Abt. 8. Die griechische und lateinische Literatur und Sprache.
Abt. 9. Die osteuropäischen Literaturen und die slawischen Sprachen.
Abt. 10. Die romanische und englische Literatur und Sprache.
Abt. 11. Die deutsche Literatur und Sprache. Allgemeine Literaturwissenschaft.
Abt. 12. Die Musik.
Abt. 13. Die orientalische Kunst. Die europäische Kunst des Altertums.
Abt. 14. Die europäische Kunst des Mittelalters und der Neuzeit. Allgemeine Kunstwissenschaft.

Teil II: Die geisteswissenschaftlichen Kulturgebiete. 2. Hälfte.
Staat und Gesellschaft, Recht und Wirtschaft.

Abt. 1. Völker-, Länder- und Staatenkunde.
Abt. 2. Allgemeine Verfassungs- und Verwaltungsgeschichte.
Abt. 3. Staat und Gesellschaft des Orients.
Abt. 4. Staat und Gesellschaft Europas im Altertum und Mittelalter.
Abt. 5. Staat und Gesellschaft Europas und Amerikas in der Neuzeit.
Abt. 6. System der Staats- und Gesellschaftswissenschaft.
Abt. 7. Allgemeine Rechtsgeschichte.
Abt. 8. Systematische Rechtswissenschaft.
Abt. 9. Allgemeine Wirtschaftsgeschichte.
Abt. 10. System der Volkswirtschaftslehre.

Teil III: Die naturwissenschaftlichen Kulturgebiete. Mathematik, Anorganische und organische Naturwissenschaften, Medizin.

Teil IV: Die technischen Kulturgebiete. Bautechnik, Maschinentechnik, industrielle Technik, Landwirtschaftliche Technik, Handels- und Verkehrstechnik.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin.

Probeheft und Spezial-Prospekte über die einzelnen Abteilungen (mit Auszug aus dem Vorwort des Herausgebers, der Inhaltsübersicht des Gesamtwerkes, dem Autoren-Verzeichnis und mit Probestücken aus dem Werke) werden auf Wunsch umsonst u. postfrei vom Verlag versandt.

Von Teil I und II sind erschienen:

Teil I, Abt. 1: Die allgemeinen Grundlagen der Kultur der Gegenwart. Inhalt: Das Wesen der Kultur: W. Lexis. — Das moderne Bildungswesen: Fr. Paulsen. — Die wichtigsten Bildungsmittel: A. Schulen und Hochschulen: Das Volksschulwesen: G. Schöppa. Das höhere Knabenschulwesen: A. Matthias. Das höhere Mädchenschulwesen: H. Gaudig. Das Fach- und Fortbildungsschulwesen: G. Kerschensteiner. Die geisteswissenschaftliche Hochschulausbildung: Fr. Paulsen. Die naturwissenschaftliche Hochschulausbildung: W. v. Dyck. B. Museen. Kunst- und Kunstgewerbe-Museen: L. Pallat. Naturwissenschaftlich-technische Museen: K. Kraepelin. C. Ausstellungen. Kunst- und Kunstgewerbe-Ausstellungen: J. Lessing. Naturwissenschaftlich-technische Ausstellungen: O. N. Witt. D. Die Musik: G. Göhler. E. Das Theater: P. Schlenther. F. Das Zeitungswesen: K. Bücher. G. Das Buch: R. Pietschmann. H. Die Bibliotheken: F. Milkau. — Die Organisation der Wissenschaft: H. Diels. [XV u. 671 S.] 1908. Preis geh. ℳ 16.—, in Leinwand geb. ℳ 18.—

Teil I, Abt. 3, 1: Die orientalischen Religionen. Inhalt: Die Anfänge der Religion und die Religion der primitiven Völker: Ed. Lehmann. — Die ägyptische Religion: A. Erman. — Die asiatischen Religionen: Die babylonisch-assyrische Religion: C. Bezold. — Die indische Religion: H. Oldenberg. — Die iranische Religion: H. Oldenberg. — Die Religion des Islams: I. Goldziher. — Der Lamaismus: A. Grünwedel. — Die Religion der Chinesen: J. J. M. de Groot. — Die Religion der Japaner: a) Der Shintoismus: K. Florenz, b) Der Buddhismus: H. Haas. [VII u. 267 S.] 1906. Preis geh. ℳ 7.—, in Leinwand geb. ℳ 9.—

Teil I, Abt. 4: Die christliche Religion mit Einschluß der israelitisch-jüdischen Religion. Inhalt: Die israelitisch-jüdische Religion: J. Wellhausen. — Die Religion Jesu und die Anfänge des Christentums bis zum Nicaenum (325): A. Jülicher. — Kirche und Staat bis zur Gründung der Staatskirche: A. Harnack. — Griechisch-orthodoxes Christentum und Kirche in Mittelalter und Neuzeit: N. Bonwetsch. — Christentum und Kirche Westeuropas im Mittelalter: K. Müller. — Katholisches Christentum und Kirche in der Neuzeit: F. X. Funk. Protestantisches Christentum und Kirche in der Neuzeit: E. Troeltsch — Wesen der Religion und der Religionswissenschaft: E. Troeltsch. — Christlich-katholische Dogmatik: J. Pohle. — Christlich-katholische Ethik: J. Mausbach. — Christlich-katholische praktische Theologie: C. Krieg. — Christlich-protestantische Dogmatik: W. Herrmann. — Christlich-protestantische Ethik: R. Seeberg. — Christlich-protestantische praktische Theologie: W. Faber. — Die Zukunftsaufgaben der Religion und die Religionswissenschaft: H. J. Holtzmann. [XI u. 752 S.] 1906. Preis geh. ℳ 16.—, in Leinwand geb. ℳ 18.— Auch in 2 Hälften: 1. Geschichte der christlichen Religion. geh. ℳ 9.60, geb. ℳ 11.— 2. Systematisch-christliche Theologie. geh. ℳ 6.60, geb. ℳ 8.—

Teil I, Abt. 5: Allgemeine Geschichte der Philosophie. Verfasser: H. v. Arnim, Cl. Baeumker, J. Goldziher, W. Grube, Ynouye, H. Oldenberg, W. Windelband, W. Wundt. [ca. 25 Bogen.] Preis geh. ca. ℳ 8.—, in Leinw. geb. ca. ℳ 10.—

Teil I, Abt. 6: System der Philosophie. Inhalt: Das Wesen der Philosophie: W. Dilthey. — Logik und Erkenntnistheorie: A. Riehl. — Metaphysik: W. Wundt. — Naturphilosophie: W. Ostwald. — Psychologie: H. Ebbinghaus. — Philosophie der Geschichte: R. Eucken. — Ethik: Fr. Paulsen. — Pädagogik: W. Münch. — Ästhetik: Th. Lipps. — Die Zukunftsaufgaben der Philosophie: Fr. Paulsen. [ca. 25 Bogen.] geh. ca. ℳ 9.—, in Leinwand geb. ca. ℳ 11.—

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin.

Teil I, Abt. 7: **Die orientalischen Literaturen.** Inhalt: Die Anfänge der Literatur und die ... Die ägyptische Literatur: A. Erman. — ... Die israelitische Literatur: H. ... Literatur: Th. ... Literatur: R. ... Literatur: P. ... P. Horn. — ... Finck. — Die ... [IX u. 419 S.]

Teil I, Abt. ... Inhalt: I. D... tums: U. v. ... alters: K. Kr... lateinische Lit... Die lateinische ... lateinische Sp... wand geb. ℳ ...

Teil I, Abt. ... **die skandina...** W. Meyer-L... ca. ℳ 10.—, ...

Teil II, Abt. ... **zeit.** Verfas... mann. [ca. ...

Teil II, Abt. ... und der Rech... Bürgerliches ... sicherungsrech... prozeßrecht: ... recht: W. Kab... G. Anschütz... Martitz. — ... [IX, LX u. 520 ...

B. G...

gibt eine ... Besprechun... sicht aller d... Interesse fü... in folgende... sonst und ...

1. Allgemeines ... Bildungswe...
2. Klassisches ... Mythologie, ... Recht und ...
3. Religion. P...
4. Geschichte. Kulturgeschichte. Kunst.
5. Deutsche Sprache und Literatur.

Technik. Vollständige Ausgabe.

Leipzig, Poststraße 3. **B. G. Teubner.**

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

Do not remove the card from this Pocket.

Acme Library Card Pocket
Under Pat. "Ref. Index File."
Made by LIBRARY BUREAU, Boston

Author Scheiner
Title Das Rad ... Weltall
Astron.
87547